



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**  
**POSGRADO EN CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGÍA**  
**UNIDAD ACADÉMICA MAZATLÁN**  
**(BIOLOGÍA MARINA)**

**CRECIMIENTO Y SOBREVIVENCIA DE TRES ESPECIES DE MANGLE EN  
UN VIVERO EN TRES CONDICIONES DE INUNDACION Y DOS  
CONDICIONES DE RIEGO**

**TESIS**  
**QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:**  
**MAESTRA EN CIENCIAS**

**PRESENTA:**  
**ING. PESQ. ROSA ELENA SILVA GARCÍA**

**TUTOR:**  
**DR. FRANCISCO JAVIER FLORES VERDUGO**  
INSTITUTO DE CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGÍA, UNIDAD ACADÉMICA  
MAZATLÁN, UNAM

**COMITÉ TUTOR:**  
**DR. ALBERTO ABREU GROBOIS**  
INSTITUTO DE CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGÍA, UNIDAD ACADÉMICA  
MAZATLÁN, UNAM

**DR. JORGE A. LÓPEZ-PORTILLO GUZMÁN**  
INSTITUTO DE CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGÍA  
**DR. JUAN IGNACIO VALDEZ HERNÁNDEZ**  
INSTITUTO DE CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGÍA  
**DR. JESÚS T. PONCE PALAFOX**  
INSTITUTO DE CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGÍA

**ASESOR EXTERNO: DR. DANIEL BENÍTEZ PARDO**  
INSTITUTO DE CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGÍA

MÉXICO, D. F. FEBRERO 2014



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## **AGRADECIMIENTOS**

Al posgrado en Ciencias del Mar y Limnología, al Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, estación Mazatlán y a la Universidad Nacional Autónoma de México por permitirme formar parte de este posgrado.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología CONACyT por su aportación económica de gran ayuda durante la realización de la tesis.

Al Dr. Francisco Javier Flores Verdugo, por su apoyo incondicional, su valiosa y acertada dirección. Por toda la confianza depositada en mí, y por darme la oportunidad de crecer profesionalmente bajo su asesoría. Gracias.

A los miembros de mi comité tutor: Dr. Jorge A. López-Portillo Guzmán, Dr. Juan Ignacio Valdez Hernández, Dr. Daniel Benítez Pardo, Dr. Alberto Abreu Grobois y Dr. Jesús T. Ponce Palafox por sus sugerencias durante la realización de esta tesis y disponibilidad en los exámenes tutorales.

Al Ing. Jesús Pérez Jiménez por su gran apoyo en la construcción, plantación, vigilancia y compañía durante todo el trabajo de campo, por su ayuda en la toma y captura de datos.

A Margarita Cordero Ruíz por su disponibilidad, paciencia y apoyo en los trámites académicos. Al M. en C. Germán Ramírez Resendiz y al Lic. Carlos Suarez Gutiérrez por su apoyo en los tutorales. A María Clara Ramírez Jáuregui, por su ayuda en las consultas del material de biblioteca.

A la señora Olivia Córdova, Marco Polo Barroso y señora Carmen por su apoyo en la vigilancia de los viveros en Isla de La Piedra, por su plática y compañía en los días de trabajo en la Isla.

A los trabajadores del taller por su ayuda, Daniel Saravia Peraza y Genaro Ramírez por su apoyo en las actividades de construcción de los viveros y con la embarcación durante las salidas al campo.

Al Dr. Leonardo Moroyoqui R ojo por su ayuda en el trabajo de campo, su asesoría durante los tutorales, su confianza en mí amistad y sus palabras "tú ten fe Elenita". A Juana Barrón por todo su apoyo y amistad.

A mis compañeros y amigos del Laboratorio de Ecosistemas Costeros: Leonardo Moroyoqui, Ramón de León Herrera, Eduardo Ramírez y María Itzel Castillo por aceptarme como parte desde el primer día, por hacer más alegres los días de trabajo en el laboratorio y campo, sus bromas, apoyo incondicional y por estar conmigo cuando más los necesite.

A Juan Pablo Meza Prado por su ayuda con la instalación de programas en la computadora y la edición de la tesis. Su amistad y apoyo en todo momento.

Al Dr. Felipe Amezcua y al Ing. Alberto Castro del Río por el apoyo con equipo de laboratorio.

A mis hermanas Alma delia, Valentín, Adolfo, Sobrinos Adriana y Alonso Corona, Alberto Salas, Mayra Silva por su apoyo y motivación que siempre me han brindado.

Al Ing. Pesq. Leobrando Pérez Jiménez por su compañía y apoyo, a Imelda Martínez, Miriam Lerma, Carolina Franco por su ayuda en la toma de datos en la Isla.

A mis compañeros y amigos de generación: Imelda Martínez, Denisse Tirado, Martha Millán, Carolina Salas, Miriam Lerma, Pablo Meza, Emmanuel Sánchez, Erick González, Mario Peraza, Juan Fierro y Gladys Valencia.

## *DEDICATORIA*

*A Dios por sus bendiciones.*

*A mi esposo Jesús Pérez Jiménez que además de ser mi amigo, colega, compañero de vida, estuvo apoyándome en todo momento en la realización de esta tesis. Je valoro mucho, gracias por tu paciencia y dedicación.*

*A mi hija Natalia Pérez Jiménez, nuestra muchachita que vivió conmigo esta etapa de preparación profesional, mi especial dedicatoria porque me acompañaste con paciencia todo este tiempo en el que estaba en el laboratorio, pero llegar y ver la alegría con que me esperas me da la motivación que necesito para seguir adelante.*

*A mi hermana Sara Alberta Silva García y esposo por su gran ayuda incondicional, su motivación y alegría, por ser los que me impulsaron a luchar por esto.*

*Y claro, a mi madre, la señora María Santos García Silva, por su gran amor hacia mi y sus bendiciones.*

# ÍNDICE

Página

<i>LISTA DE TABLAS</i> .....	<i>i</i>
<i>LISTA DE FIGURAS</i> .....	<i>iii</i>
<i>RESUMEN</i> .....	<i>iv</i>
<i>ABSTRACT</i> .....	<i>v</i>
1. <i>INTRODUCCIÓN</i> .....	1
2. <i>ANTECEDENTES</i> .....	5
3. <i>JUSTIFICACIÓN</i> .....	8
4. <i>HIPOTESIS</i> .....	9
5. <i>OBJETIVOS</i> .....	10
6. <i>LOCALIZACION DEL EXPERIMENTO</i> .....	11
7. <i>METODOLOGÍA</i> .....	12
7.1. Primera etapa: Colecta y siembra de propágulos .....	12
7.2. Segunda etapa: construcción e cinco viveros (tres de inundación y dos de riego).....	13
7.2.1. Viveros con inundación .....	13
7.2.2. Viveros con riego.....	15
7.3. Diseño del experimento .....	16
7.4. Plantación de mangle en los viveros.....	17
7.4.1. Viveros con inundación .....	18
7.4.2. Viveros de riego.....	19
7.5. Registro y análisis de datos .....	20
7.5.1. Porcentaje de sobrevivencia .....	20
7.5.2. Altura de las plantas.....	20
7.5.3. Diámetro del tallo .....	20
7.5.4. Ramas principales y número de hojas .....	20
7.5.5. Gramos de peso seco de las hojas .....	20
7.5.6. Tasa de producción foliar .....	21
7.5.7. Determinación de la calidad de las plantas .....	21
7.6. Análisis estadístico .....	24
7.7. Muestreo de sustrato .....	25
7.8. Tercera etapa: forestación en estanques-lagunas.....	26
8. <i>RESULTADOS</i> .....	27
8.1. Primera etapa: producción de mangles en el vivero del ICMYL .....	27
8.2. Segunda etapa: sobrevivencia y crecimiento en tres viveros de inundación y dos de riego.....	28

8.2.1. Porcentaje de sobrevivencia .....	28
8.2.2. Crecimiento en altura por especie.....	29
8.2.3. Diámetro del tallo.....	32
8.2.4. Ramas principales.....	36
8.2.5. Número de hojas .....	38
8.2.6. Crecimiento de las tres especies en cada vivero ( tres viveros de inundación y dos de riego) .....	43
8.2.7. Crecimiento con respecto a su ubicación.....	45
8.2.8. Crecimiento con respecto a la ordenada al origen (b).....	46
8.3. Costos de construcción y mantenimiento de cada uno de los viveros...	49
8.4. Calidad de la planta .....	50
8.4.1. Especie <i>L. racemosa</i> .....	50
8.4.2. Especie <i>R. mangle</i> .....	51
8.4.3. Especie <i>A. germinans</i> .....	52
8.5. Análisis del sustrato .....	53
8.6. Tercera etapa: forestación .....	56
9. <i>DISCUSIÓN</i> .....	57
9.1. Primera etapa: producción de mangles en el vivero del ICMYL .....	57
9.2 Segunda etapa: sobrevivencia y crecimiento en cinco viveros .....	57
9.2.1. Sobrevivencia.....	57
9.2.2. Crecimiento de las tres especies de mangle en los viveros .....	58
9.3. Costos de construcción de los viveros.....	63
9.4. Calidad de la planta .....	64
9.5. Análisis del sustrato .....	67
9.6. Tercera etapa: forestación en los estanques-laguna .....	69
10. <i>CONCLUSIONES</i> .....	72
11. <i>RECOMENDACIONES</i> .....	73
12. <i>BIBLIOGRAFÍA</i> .....	74
<i>GLOSARIO DE TERMINOS</i> .....	79
<i>ANEXOS</i> .....	81

## LISTA DE TABLAS

	Pagina
Tabla 1. Tratamientos. ....	17
Tabla 2. Valores para calificar la calidad de la planta con crecimiento normal en viveros. ....	23
Tabla 3. Análisis de regresión $y = mx + b$ para tasas de crecimiento (altura) en <i>L. racemosa</i> . ....	30
Tabla 4. Análisis de regresión $y = mx + b$ para tasas de crecimiento (altura) en <i>R. mangle</i> . ....	31
Tabla 5. Análisis de regresión $y = mx + b$ para tasas de crecimiento (altura) en <i>A. germinans</i> . ....	32
Tabla 6. Análisis de regresión $y = mx + b$ para tasa de crecimiento (diámetro) de plantas de <i>L. racemosa</i> . ....	33
Tabla 7. Análisis de regresión $y = mx + b$ para tasa de crecimiento (diámetro) de plantas de <i>R. mangle</i> . ....	34
Tabla 8. Análisis de regresión $y = mx + b$ para tasa de crecimiento (diámetro) de <i>A. germinans</i> . ....	35
Tabla 9. Análisis de regresión ( $y = mx + b$ ) para las ramas en plantas de <i>L. racemosa</i> . ....	36
Tabla 10. Análisis de regresión ( $y = mx + b$ ) para el número de ramas en <i>R. mangle</i> . ....	37
Tabla 11. Análisis de regresión ( $y = mx + b$ ) para el número de ramas en <i>A. germinans</i> . ....	38
Tabla 12. Análisis de regresión ( $y = mx + b$ ) para producción de hojas en <i>L. racemosa</i> . ....	39
Tabla 13. Análisis de regresión ( $y = mx + b$ ) para la producción de hojas en <i>R. mangle</i> . ....	40
Tabla 14. Análisis de regresión ( $y = mx + b$ ) para la producción de hojas en <i>A. germinans</i> . ....	41
Tabla 15. Comparación del crecimiento en vivero con inundación alta. ....	43
Tabla 16. Comparación del crecimiento en vivero con inundación media. ....	44
Tabla 17. Comparación del crecimiento en el vivero con inundación baja. ....	44



Tabla 18. Comparación del crecimiento de las especies en el vivero con riego .....	45
Tabla 19. Análisis de varianza comparando el crecimiento de las plantas de la orilla con las plantas del centro. ....	45
Tabla 20. Análisis de varianza del crecimiento según la intersección al aje (b)	46
Tabla 21. Crecimiento de las plantas de <i>L. racemosa</i> en los dos grupos .....	46
Tabla 22. Crecimiento de las plantas de <i>R. mangle</i> en los dos grupos.....	47
Tabla 23. Crecimiento de las plantas de <i>A. germinans</i> en los dos grupos .....	48
Tabla 24. Costos de construcción y operación de cada uno de los viveros .....	49
Tabla 25. Valores de calidad de la planta en Enero 2013 para la especie <i>L. racemosa</i> .....	50
Tabla 26. Valores de calidad de la planta en Enero 2013 para la especie <i>R. mangle</i> . ....	52
Tabla 27. Valores de calidad de la planta en Enero 2013 para la especie <i>A. germinans</i> .....	52
Tabla 28. Propiedades químicas del sustrato (salinidad del suelo) en los viveros.....	54
Tabla 29. Propiedades físicas y químicas (nutrientes) del sustrato de los viveros.....	55
Tabla 30. Crecimiento en <i>L. racemosa</i> en los estanques-laguna.....	56
Tabla 31. Comparación del crecimiento de mangle en diferentes estudios .....	60
Tabla 32. Comparación de la producción de hojas en las especies de mangle en diferentes estudios. ....	62

## LISTA DE FIGURAS

	Pagina
Figura 1. Ubicación del experimento en La Isla de La Piedra. ....	11
Figura 2. Nivel de inundación en los estanques y su porcentaje de saturación. .....	14
Figura 3. Nivel de inundación en los estanques.....	15
Figura 4. Diseño de los viveros de riego A= Vivero de riego y B = vivero tradicional.....	16
Figura 5. Forma de plantación de las especies de mangle en los viveros .....	18
Figura 6. Vivero de riego .....	19
Figura 7. Vivero tradicional.....	19
Figura 8. Datos que se registran en los mangles. ....	21
Figura 9. Crecimiento de las especies de mangle en condiciones de vivero ...	27
Figura 10. Plantas en los viveros. ....	28
Figura 11. Número de plantas y porcentaje de sobrevivencia de las especies en los viveros. ....	29
Figura 12. Crecimiento de las plantas de <i>L. racemosa</i> presentada en los viveros. Las barras de error indican el intervalo de confianza del 95 %.....	30
Figura 13. Crecimiento de las plantas de <i>R. mangle</i> presentado en los viveros. .....	31
Figura 14. Crecimiento de las plantas de <i>A. germinans</i> presentada en los viveros. ....	32
Figura 15. Crecimiento en diámetro de <i>L. racemosa</i> en los tipos de vivero. Las barras de error indican el intervalo de confianza del 95 %.....	33
Figura 16. Crecimiento en diámetro para <i>R. mangle</i> durante siete meses.....	34
Figura 17. Crecimiento en diámetro para <i>A. germinans</i> durante siete meses..	35
Figura 18. Número de ramas en <i>L. racemosa</i> durante siete meses.....	37
Figura 19. Número de hojas de <i>L. racemosa</i> durante siete meses. ....	39
Figura 20. Número de hojas de <i>R. mangle</i> durante siete meses.....	40
Figura 21. Producción en hojas de <i>A. germinans</i> durante siete meses.....	42

## RESUMEN

El propósito de este estudio fue comparar el crecimiento, sobrevivencia y calidad en las especies de mangle *L. racemosa*, *R. mangle* y *A. germinans*, bajo tres condiciones controladas de inundación con respecto a dos condiciones de riego: riego en bolsas a ras del suelo o vivero tradicional y riego con las bolsas enterradas a nivel del suelo (vivero de riego), así como realizar actividades de forestación en Isla de la Piedra. El experimento se estableció en Julio de 2012 con plantas de mangle de nueve meses de edad. Los tratamientos consistían en 36 plantas de cada especie, plantadas en cada vivero con inundación. El vivero de riego con dos repeticiones de 36 plantas de *L. racemosa*, 36 de *R. mangle* y 15 plantas *A. germinans*. El vivero tradicional (control) tenía 36 plantas de *L. racemosa* y 36 plantas de *R. mangle*. Cada mes se registraba la sobrevivencia, altura de las plantas, diámetro del tallo, ramas principales y número de hojas, al final del experimento se determinaron los índices de calidad de las plantas. Se encontró mayor sobrevivencia en *L. racemosa* y *R. mangle* del 94 al 100% en los viveros en comparación con *A. germinans* en donde la mayor sobrevivencia alcanzada fue del 92%. En la especie *L. racemosa* para los viveros con inundación y el vivero de riego se tuvo un crecimiento de 1.4 a 1.8 cm mes<sup>-1</sup>, contra un crecimiento de 0.5 cm mes<sup>-1</sup> en el vivero tradicional. En *R. mangle* el crecimiento fue de 0.3 a 0.5 cm mes<sup>-1</sup> y en *A. germinans* no se tuvo crecimiento, las plantas solo se mantuvieron en los viveros. En diámetro se tuvo en *L. racemosa* para el vivero con inundación un crecimiento de 0.99 mm mes<sup>-1</sup>, en el vivero con inundación media y baja de 0.63 a 0.61 mm mes<sup>-1</sup>, en el vivero de riego de 0.48 mm mes<sup>-1</sup> y el vivero tradicional de 0.20 mm mes<sup>-1</sup>. La especie *R. mangle* tuvo un crecimiento de 0.06 a 0.13 mm mes<sup>-1</sup>. Mientras que *A. germinans* presentó un crecimiento de 0.07 a 0.27 mm mes<sup>-1</sup>. En *L. racemosa* las diferencias en el crecimiento entre los viveros se deben a la forma de plantación y a que se presentó mayor crecimiento en los viveros donde los mangles se plantaron en comparación al tradicional con plantas sobre el suelo. En *R. mangle* y *A. germinans* no se encontraron diferencias significativas en el crecimiento entre los viveros para altura, diámetro y ramas de las plantas. La falta de crecimiento en *A. germinans* se debe a que las plantas estaban en condiciones de inundación superior a la que requieren en su medio natural. Los mangles producidos en el presente estudio tienen valores de calidad alta y media, por lo tanto son adecuados para ser utilizados en programas de reforestación.

Palabras clave: Crecimiento, sobrevivencia, mangle, vivero, inundación, riego, calidad de la planta.

## ABSTRACT

The purpose of this study was to compare the growth, survival and quality of mangrove species *L. racemosa*, *R. mangle* and *A. germinans* under three controlled conditions flooding according to two types of irrigation: the first one consisted on a nursery with irrigation in plastic bags lying on the ground also known as traditional nursery and nursery with irrigation of the trees in plastic bags buried in the ground, also activities of reforestation on Stone Island were also developed. Experimental stage started on July 2012 with nine month-old mangrove plants. Treatments consisted on 36 plants for each species, planted on each flooded nursery. Irrigation nursery had two replicates of 36 plants for *L. racemosa*, 36 for *R. mangle* and 15 plants for *A. germinans*. The traditional nursery (control) had 36 plants of *L. racemosa* and 36 plants of *R. mangle*. Survival, height of the plants, diameter of the stem, main branches and number of leaves were recorded every month, at the end of the experiment quality index of the plants was calculated. *L. racemosa* and *R. mangle* showed a higher percentage of survival (94-100%) in the nurseries compared to *A. germinans*, the latter showed a maximum percentage survival of 92%. *L. racemosa* displayed a rate of growth of 1.4-1.8 cm month<sup>-1</sup> on irrigation and flooded nurseries, contrasting with the traditional garden with a growth value of 0.5 cm month<sup>-1</sup>. The growth observed in *R. mangle* was 0.3 to 0.5 cm month<sup>-1</sup>, *A. germinans* didn't grow at all, the plants were maintained only in nurseries. According to diameter, in the nursery of high flooding *L. racemosa* grew 0.99 mm month<sup>-1</sup>, in the medium and low flooding nursery the growth presented was 0.63 to 0.61 mm month<sup>-1</sup>, on irrigation nursery 0.48 mm month<sup>-1</sup> and traditional nursery 0.20 mm month<sup>-1</sup>. Red mangrove *R. mangle* showed a growth of 0.06 to 0.13 mm month<sup>-1</sup>, while *A. germinans* grew 0.07 to 0.27 mm month<sup>-1</sup>. Differences in growth displayed in *L. racemosa* are due to the way of plantation because a higher growth was observed on those nurseries where the mangroves were buried in the ground against those maintained over ground level. There were no significant differences on *R. mangle* and *A. germinans* according to growth on height, diameter and number of leaves among different nurseries. The lack of growth in *A. germinans* could be explained to a much higher flooding level used in the experiment than the required for this species in their natural environment. Mangrove plants produced during the development of this study have high and medium quality, therefore they are suitable for reforestation programs.

Keywords: Growth, survival, mangrove, nursery, flooding, irrigation, plant quality.

## 1. INTRODUCCIÓN

México se encuentra entre los cinco países con mayor extensión de manglares (junto con Indonesia, Brasil, Nigeria y Australia). Los manglares están presentes en los 17 estados de la República Mexicana que tienen litoral, con una extensión registrada en el 2009 por la CONABIO de 770,057 hectáreas. Siendo el estado de Campeche el que posee la mayor superficie de manglar en el país con 194,190 ha (25.2%), seguido por Quintana Roo con 129,921 ha (16.9%), Yucatán con 99,640 ha (12.9%), Sinaloa con 80,597 ha (10.5%), Nayarit con 71,742 ha (9.3%), Baja California tiene la menor extensión con 28 ha, es decir el 0.004% (CONABIO, 2009).

Los manglares como bosques, son asociaciones de árboles o arbustos llamados mangles, que se distribuyen a lo largo de las costas tropicales y subtropicales del planeta, están adaptados para vivir en suelos sujetos a la inundación frecuente del agua salada. Los manglares es un tipo especial de bosque que marca la transición entre la tierra y el mar (Alonso-Parra *et al.*, 2006). El término “manglar” como ecosistema, incluye tanto al bosque de mangle como a los esteros y venas de marismas, las marismas y los bajos de mareas sin vegetación, además de incluir a los componentes bióticos y abióticos que interactúan y contribuyen en el funcionamiento del sistema. Sin embargo, comúnmente a las especies de mangles se les conoce como ecosistemas de manglar debido a que son estas especies las de mayor abundancia e importancia en el ecosistema (Sandoval-Castro, 2012).

Las plantas de manglar son halófitas facultativas que pueden crecer a diferentes salinidades que van desde 0 ups (dulceacuícolas) hasta hipersalinas (>40 < 80 ups), pero alcanzan su máximo desarrollo en condiciones estuarinas (~15 ups). Es la vegetación dominante que bordea las lagunas costeras y estuarios tropicales (Agraz-Hernández *et al.*, 2001, Flores-Verdugo *et al.*, 2007b). A nivel local, las características de los manglares se modifican de acuerdo al relieve, el tipo de sustrato, el grado de inundación, los gradientes ambientales y a las perturbaciones naturales y humanas (CONABIO, 2009).

Los manglares son ecosistemas de gran importancia ya que brindan diversas funciones como son: filtro biológico de contaminantes provenientes de los fertilizantes agrícolas, como trampa de sedimentos que protege los canales y lagunas del azolvamiento, como refugio de fauna silvestre, como fuente de alimento de asentamientos humanos, de gran valor estético, protegen el litoral de la erosión por oleaje, sirven como sitios de amortiguamiento por inundaciones y huracanes (Flores-Verdugo *et al.*, 2006; Flores-Verdugo *et al.*, 2007b). Son criaderos de pesquerías marinas, son fuente de madera que se utiliza para combustible, construcción de casas, artes de pesca y bordos artesanales (Alonso-Parra *et al.*, 2006; CONABIO-CONANP, 2009).

### **Descripción de las especies de mangle**

En México predominan cuatro especies de mangle: el mangle blanco (*Laguncularia racemosa*), el mangle rojo (*Rhizophora mangle*), el mangle negro (*Avicennia germinans*) y el mangle botoncillo (*Conocarpus erectus*), estas especies pueden estar combinadas en el manglar (CONABIO, 2009, Alonso-Parra *et al.*, 2006). En el presente estudio se analizó el crecimiento y sobrevivencia de las especies *L. racemosa*, *R. mangle* y *A. germinans* en viveros.

Mangle blanco (*Laguncularia racemosa*). Su tronco es recto con ramas ascendentes, copa redondeada y densa. Las ramas jóvenes son ligeramente aplanadas de color pardo moreno. Se encuentra en zonas con salinidad menor a 30 ups. Las raíces poseen neumatóforos, las hojas son opuestas, elípticas y redondeadas tanto en la base como en el ápice; la parte superior de la hoja (haz) es verde oscuro brillante y la parte inferior (envés) es verde amarillento. La base de las hojas (pecíolo) para excretar la sal mide de 4 a 15 mm y posee un par de glándulas cerca de la base de la lámina. Las flores son alargadas en forma de embudo y pequeñas de color blanco, crecen en grupos en la punta de ramillas en las axilas de las hojas o al final de las ramas jóvenes. En conjunto flores y ramillas se conocen como inflorescencias y miden de 3 a 7 cm de largo. Los frutos se dan en racimos miden entre 1 a 2.5 cm de largo.

Produce muchas semillas pequeñas que se dispersan por flotación libre durante mucho tiempo alcanzando lugares lejanos. Su tolerancia al sol y la elevada germinación facilitan su arraigo y establecimiento natural a menudo en manchones de plántulas. Para su uso en programas de restauración, los propágulos deben recolectarse del suelo o del agua a fin de garantizar que estén maduros para su propagación en sitios degradados. Deben trasladarse en bolsas con agua para evitar que se sequen y sembrarse antes de 15 días. Si se requiere su producción en vivero se pueden plantar en bolsas con suelo limoso y húmedo (CONABIO-CONANP, 2009).

Mangle rojo (*Rhizophora mangle*). Se desarrollan bien en salinidades entre 30 y 50 ups, generalmente lo encontramos en sitios que están siempre inundados, no tolera altas salinidades por periodos largos de tiempo, se desarrolla mejor en sitios con aportes periódicos de agua dulce. Poseen raíces zancudas que les sirven de apoyo y sostén en el sustrato fangoso y en condiciones de fuertes mareas y vientos. Las hojas son grandes, redondeadas y opuestas. Las flores son enceradas de color amarillo cremoso con cuatro pétalos puntiagudos de apariencia estrellada. Los propágulos cuando tienen entre 20 a 30 cm de largo, se desprenden del árbol y caen al lodo o al agua, estas estructuras desarrollan pequeñas raíces por lo que se fijan al sustrato en el lugar en el que caen o son arrastradas por las mareas hacia otros sitios.

Mangle negro (*Avicennia germinans*). Crecen en lugares en donde la tierra es más pobre en oxígeno y en condiciones de mayor salinidad (40 a 70 ups) que la del mangle rojo y blanco. Alrededor de la base del árbol se extienden unas prolongaciones de las raíces que salen hacia arriba de ellas llamadas neumatóforos. Estas estructuras generalmente son largas para poder sobresalir del agua en tiempos de mareas altas, y a que su principal función es la respiración. Las hojas del mangle negro son largas y finas, y están dispuestas en forma opuesta. Las flores son de color blanco, con cuatro pétalos redondeados. Los frutos son cuerpos redondos a planados de aproximadamente una pulgada de largo.

Las especies de manglares son sensibles a los cambios en la frecuencia de inundación (Agraz- Hernández, 1999). En el medio natural en zonas de mayor inundación se favorecerá el establecimiento de *R. mangle* y *L. racemosa*. En donde la frecuencia y el periodo de inundación son menores, la especie favorecida será *A. germinans*. La especie *L. racemosa* tolera intervalos de inundación menores que los de *R. mangle* y todavía menores a ambas especies *A. germinans*, con preferencia por zonas de escasa inundación solamente durante las pleamareas vivas (Monroy-Torres, 2005). *R. mangle* es más tolerante a la baja disponibilidad de oxígeno causada por la inundación mareal y la acumulación de agua con respecto a *A. germinans* (Yáñez-Arancibia *et al.*, 1998).

### **Problemática de los manglares**

A pesar de la importancia de los ecosistemas de manglar, su extensión a nivel mundial se ha reducido considerablemente. En México los manglares han sido afectados principalmente por asentamientos humanos, apresamientos de ríos, por el impacto directo o indirecto de las actividades agrícolas, ganaderas, acuícolas y turísticas (CONABIO, 2009; Benítez-Pardo *et al.*, 2002; CONABIO-CONANP, 2009).

La deforestación de los bosques de mangle, causa una pérdida de hábitat para muchas especies silvestres, disminuye las barreras naturales de protección y puede provocar erosión costera y sedimentación (Alonso-Parra *et al.*, 2006). Por ejemplo, en el noroeste de México, las cerca de 215 granjas camaronícolas en operación que existen en el Estado de Sinaloa ocupan una extensión superior a las 20,000 ha, extensión que se ha restado a las marismas y los bosques de manglares inundables (Mejía-Sarmiento, 2002).

Otra de las principales amenazas son los cambios en el régimen hidrológico por la construcción de carreteras, canales, bordos, muelles, dragados y por la apertura o clausura de bocas de lagunas ya que los manglares son sensibles a los impactos indirectos que provocan estos cambios (Warner *et al.*, 2001). Gran cantidad de aguas residuales, desechos sólidos, agroquímicos y basura son vertidos a los manglares (Tovilla-Hernández *et al.*, 2004).



## 2. ANTECEDENTES

Entre los trabajos realizados de crecimiento y sobrevivencia de plantas de mangles en viveros y plataformas artificiales en la región NW de México están Agraz-Hernández (1999), Monroy-Torres (2009) y Benítez-Pardo (2007).

Benítez-Pardo (2007) indica que los costos de un vivero varían en función de la disponibilidad del agua dulce para riego, infraestructura y acceso a los propágulos. En este estudio se estimaron los costos para la construcción de un vivero de 20,000 plantas para reforestación de 22 ha (909 plantas ha<sup>-1</sup>) en el Pacífico Mexicano, los costos pueden variar de \$40,260.00 a \$82,803.00 (\$1,830.00 a \$3,674.00 ha<sup>-1</sup>). El costo de producción por planta es de \$2.01 a \$4.14. Dentro de estos gastos se consideró la colecta, la selección de semillas, siembra en bolsas de polietileno y el operador para el manejo, riego y vigilancia.

Benítez-Pardo (2007), forestó con mangle isletas de dragado en el complejo lagunar-estuarino de San Ignacio-Navachiste, costa norte de Sinaloa donde encontró crecimientos mayores en plantas de *R. mangle* y *A. germinans* de 10 meses de edad en comparación con las colocadas en el mismo sitio de cinco meses de edad. Los resultados de esta tesis indican que las plantas generadas en viveros son una buena alternativa para la restauración de manglares.

Este autor (Benitez-Pardo 2007) utilizó plantas de vivero para la forestación de las isletas de dragado, para lo cual se construyó un vivero donde se produjeron 25,000 plantas de mangle con un costo total de producción de \$142,543.00, siendo el costo de producción de planta de \$5.70.

Monroy-Torres (2005) evaluó el crecimiento de las especies de mangle *R. mangle*, *L. racemosa* y *A. germinans* en condiciones controladas. El experimento consistió en cuatro tratamientos, cada uno con una concentración salina distinta: 0‰, 15‰, 30‰ y 45‰. Los resultados indicaron que *L. racemosa* no mostró diferencias significativas en el crecimiento en salinidades de 0 y 15‰, es decir, esta especie tiene buen crecimiento incluso si se riega con agua salobre, lo que permitiría disminuir costos en el mantenimiento de

esta especie en condiciones de vivero por presentar un ahorro en el consumo de agua dulce. En cambio *R. mangle* si presentó diferencias en las cuatro concentraciones, la relación de las tasas de crecimiento en *R. mangle* fue 1.35 veces mayor en 0‰ que en 15 ‰, con respecto al tratamiento en 45‰ la relación fue 6.61 veces mayor. *A. germinans* mostró una variación casi nula en los cuatro tratamientos, de 1.21 veces mayor en 0‰ que en 15 ‰.

Monroy-Torres (2009) colocó plantas de las especies (*R. mangle*, *L. racemosa* y *A. germinans*) en un estanque simulador de mareas bajo cuatro condiciones de inundación y encontró diferencias significativas en el crecimiento para cada especie en cada nivel y entre las tres especies, el mangle rojo tuvo mayor crecimiento en el nivel de mayor inundación, el mangle blanco y negro en los niveles intermedios y aunque las tres especies no crecieron apropiadamente en el nivel más alto (de menor inundación), el manglar negro creció más del doble que las otras dos especies. Esta autora señala que en el medio natural las plántulas y los individuos adultos de mangle varían en cuanto a requerimientos de inundación, siendo más restringida en el caso de las plántulas.

Se han realizado diversos estudios que han permitido conocer los efectos de la salinidad y la inundación en el crecimiento y distribución de los manglares, en cuanto a la salinidad los resultados de Monroy-Torres (2005) indicaron que, en efecto, conforme aumenta la salinidad se presenta una disminución en la altura de las plantas. Montes *et al.* (1999) en Chiapas encontró que la altura de *L. racemosa* y *R. mangle* están inversamente asociados a la salinidad y el aporte de las descargas de agua dulce.

Argüello-Velázquez en el 2012 realizó un estudio con las especies de mangle (*A. germinans*, *L. racemosa* y *R. mangle*) en donde encontró en *R. mangle* una mayor producción foliar, en *L. racemosa* se tienen la mayor tasa de elongación de tallo, sin embargo en las plantas de *A. germinans* obtuvo mayor producción primaria foliar.

Flores-Verdugo *et al.* (2006), mencionan las consideraciones ambientales para llevar a cabo un proyecto de reforestación de manglares, esto con el objetivo

de elegir el método de forestación a emplear, y las condiciones ambientales para el óptimo crecimiento de las especies de mangle (por ejemplo para la salinidad el mangle requiere entre 10 y 20 ppm).

Santiago *et al.* (2007), Saenz *et al.* (2010), Orozco *et al.* (2010), el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) y La Comisión Nacional Forestal (CONAFOR, 2010) han señalado la importancia de utilizar plantas de buena calidad para programas de forestación, ya que este parámetro tiene gran influencia en la sobrevivencia y desarrollo de la planta en campo.

Orozco *et al.* (2010) señala que el éxito o fracaso de las plantaciones depende en gran medida de la calidad de planta utilizada. Una planta de calidad es aquella que es capaz de sobrevivir en el terreno con altas tasas de supervivencia y crecimiento inicial. En la producción de planta en viveros es indispensable que las plantas tengan una buena calidad que les permita su adaptación posterior en campo.

### 3. JUSTIFICACIÓN

Para recuperar los ecosistemas de manglar es necesario realizar actividades de restauración (Flores-Verdugo *et al.*, 2006). Primero se deben considerar las causas físicas de la degradación, los cambios en el régimen hídrico, sedimentación, condiciones del sustrato y una vez que estos factores han sido corregidos hasta donde es posible entonces pueden ser manipulados los componentes bióticos del sistema (Lindig-Cisneros y Zambrano, 2007).

La reforestación con especies de mangle es una de las actividades de restauración ambiental en los humedales costeros de México (Flebes-Patrón *et al.* 2007). Las razones principales para reforestar con árboles de mangle es para estabilizar zonas de reciente formación, recuperar zonas de manglar afectadas, alteradas o deterioradas, aprovechar las especies como madera o la obtención de beneficios indirectos por las actividades de pesca, hábitat de organismos, ecoturismo, entre otras (Alonso-Parra *et al.*, 2006).

La reforestación directa en zonas de manglar perturbado es factible cuando las condiciones ambientales, particularmente las condiciones hidrológicas, no han sido modificadas. La reforestación con plantas de vivero tiene la ventaja de dar una mayor sobrevivencia respecto a las plantas y propágulos sembrados directamente y, por lo tanto, se puede realizar una plantación de menor densidad pero con la desventaja de incrementar los costos por los gastos de mantenimiento del vivero (Flores-Verdugo *et al.*, 2006).

Las especies de mangle tienen raíces aéreas respiratorias y/o neumatóforos que les permiten adaptarse a ambientes con inundación permanente o temporal, a suelos inestables, bajos en oxígeno, son plantas resistentes a la salinidad del agua, cuentan con mecanismos para resistir la salinidad intersticial y tienen cierto grado de viviparidad, y a que estas especies no producen un “fruto o semilla” propiamente dicho, sino que dan un “propágulo” (Flores-Verdugo *et al.*, 2007b; CONABIO, 2009).

#### 4. HIPOTESIS

Los sistemas de riego de un vivero se basan en un riego continuo como un drenaje eficiente. Este último con el propósito de evitar la sobresaturación de agua del suelo que propicie condiciones anóxicas y afecte a las plantas en su crecimiento y sobrevivencia. Se considera que el manglar al presentar adaptaciones fisiológicas para sobrevivir en suelos saturados de agua y pobres en oxígeno no requiere de un drenaje por lo que se asume que:

En un vivero semi-hidropónico (estanques de arena con saturación de agua) con especies de manglar se tendrá un crecimiento mayor o similar que en un sistema tradicional por que estas especies presentan adaptaciones para tolerar la inundación, por lo que no requieren de un riego y drenaje constante.

El crecimiento de plantas de las especies de manglar *A. germinans*, *L. racemosa* y *R. mangle* bajo tres condiciones de inundación es mayor o similar que en condiciones de vivero tradicional.

## 5. OBJETIVOS

### **Objetivo general**

Comparar el crecimiento, sobrevivencia y calidad de la planta de mangle *L. racemosa*, *R. mangle* y *A. germinans*, bajo tres condiciones controladas de inundación con respecto a dos condiciones de riego: riego en bolsas a ras del suelo o vivero tradicional y riego con las bolsas enterradas a nivel del suelo (vivero de riego).

### **Objetivos específicos**

Comparar el crecimiento y sobrevivencia de tres especies de mangles *A. germinans*, *L. racemosa* y *R. mangle* en 5 condiciones: viveros a tres niveles de saturación de agua ( 82%, 50% y 35% ), en un vivero tradicional con riego (control) y de riego en una plantación a nivel del suelo.

Determinar la calidad de las plantas producidas en los viveros con inundación, y los dos viveros de riego.

Realizar actividades de forestación con las plantas provenientes de los viveros en humedales semi-naturales en Isla de la Piedra.

## 6. LOCALIZACION DEL EXPERIMENTO

El presente estudio se realizó en viveros experimentales construidos en una propiedad del Instituto de Ciencias del Mar, UNAM, Unidad Académica Mazatlán ubicada en la Isla de La Piedra, con coordenadas  $23^{\circ}11'59''$  N y  $106^{\circ}24'20''$  W (Fig. 1). Los propágulos que se utilizaron en el **experimento** fueron colectados en el estero de Uñas ubicado al sureste de Mazatlán, Sinaloa, México. El área sombreada es el estero de Uñas en donde se colectaron los propágulos.

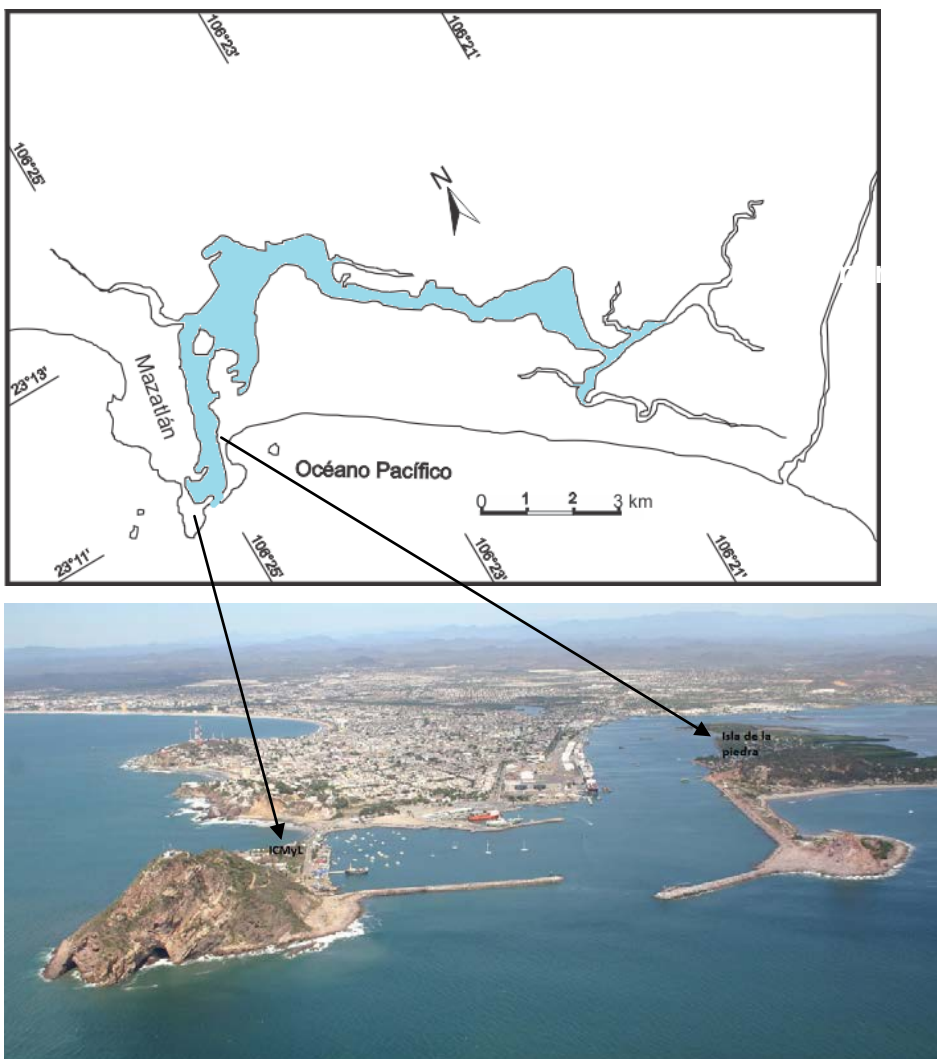


Figura 1. Ubicación del experimento en La Isla de La Piedra.

Fuente: <http://ola.icmyl.unam.mx/ftp/mapas/>

<http://ola.icmyl.unam.mx/ftp/imagenes/vista%20aerea%20de%20mazatlan.jpg>

## 7. METODOLOGÍA

El desarrollo de este estudio se llevó a cabo en tres etapas, la primera fue la construcción del vivero en el Instituto, en la etapa dos las plantas fueron llevadas a la isla de la piedra para su instalación en los viveros con inundación y riego. Y la tercera etapa consistió en la forestación de los estanques lagunas.

### 7.1. Primera etapa: Colecta y siembra de propágulos

Durante los meses de Septiembre a Noviembre de 2011, se colectaron propágulos de *Rhizophora mangle*, *Laguncularia racemosa* y *Avicennia germinans* directamente del bosque de mangle, del estero de Uñas. Los propágulos se separaron por especie en recipientes con agua dulce hasta quedar flotando o semisumergidos. En el caso de *A. germinans* a los tres días de estar en agua iniciaron su "germinación" por lo que se les quitó el pericarpio para evitar la descomposición del propágulo. A la semana los propágulos fueron colocados en un vivero de las instalaciones del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología (ICMyL), en tinas de plástico de 1.5 metros de diámetro y 15 cm de sustrato compuesto de aluvión limoso (70%) y turba comercial *peat moss* (30%). Cada tina se regó con 20 litros de agua dulce cada tercer día.

En los meses de Noviembre y Diciembre 2011, las plantas establecidas en las tinas, se colocaron en bolsas de polietileno negro para vivero de 13 cm de diámetro por 20 cm de altura, a cada bolsa se le hicieron pequeños cortes en la parte inferior y se llenaron con sustrato compuesto de 70% aluvión limoso y 30% turba comercial *peat moss*. Estas plantas se regaban tres veces a la semana con agua dulce. Se registró el costo de los materiales usados en la construcción e instalación del vivero y los costos de transporte para las actividades de monitoreo y riego.



## 7.2. Segunda etapa: construcción de tres viveros con inundación y dos de riego

En Marzo de 2012 en la isla de La Piedra se realizó una excavación de 3.5 m de ancho, 20 m de largo y 1.30 m de profundidad con el apoyo de una retroexcavadora John Deere, la cual trabajó durante 104 minutos con una eficiencia de 52.39 m<sup>3</sup>/hora a un costo de \$46 0.00/hora dando un total de \$795.80, con lo que se logró remover un total de 91 m<sup>3</sup>. Posteriormente se realizaron trabajos de limpieza de la excavación, se quitaron las conchas de almejas y ostiones, restos de raíces y arboles, se emparejó el suelo y las paredes de la excavación. En Abril de 2012 se colocaron divisiones a los 5m, 7.5m, 12.5m y 15m, colocando en cada división tres tablas de madera de 3.5 x 0.3 x 0.025 m y una tabla de 3 x 0.2 x 0.025 m reforzadas con polines y varillas de 1.5 m de altura formando una pared vertical en las distancias señaladas dentro de la excavación.

En el mes de Junio de 2012 los viveros se cubrieron con malla sombra con reducción de la intensidad luminosa en un 60%, esta malla tenía 23 m de largo por 3.60 m de ancho unida a soportes de varilla 3/8" con arcos de PVC de 1/2" y 6 m de longitud dando una altura máxima de dos metros, la malla fue fijada a los tubos de PVC con cinchos de plástico. Alrededor de los estanques se colocó una línea de costales rellenos de arena, esto para proteger el polietileno y evitar la entrada de arena a los viveros.

### 7.2.1. Viveros con inundación

Tres de las divisiones antes señaladas fueron utilizadas para viveros con inundación (Fig. 2 y 3), cada uno de los estanques fue cubierto con lona de polietileno de 6.7 m de ancho por 10 metros de largo y dos milímetros de grosor para evitar fugas parciales de agua. Sobre la lona plástica se colocó una capa de arena de 80 cm (esta arena fue la misma que la máquina quitó durante la excavación) y sobre la arena otra capa de 10 cm de aluvión con sustrato comercial *peat moss* en una proporción de 80% aluvión limoso y 20% turba, quedando 40 cm del estanque sin arena y como protección contra el viento que pudiera ocasionar daño a las plantas.

En el centro de cada uno de los viveros contaba con tres tubos de PVC de cuatro pulgadas de diámetro y de un metro de altura en donde era posible medir el nivel al cual se encontraba el agua en cada estanque, se colocó una tabla de madera de 20 x 20 x 3 cm como base bajo cada tubo de PVC para evitar que el borde del tubo dañara el plástico. Cada estanque disponía de diferente nivel de inundación, se tomó como el 100% de saturación de agua los 85 cm de sustrato que tiene cada estanque y a partir de este valor se calcularon los demás porcentajes de saturación (Fig. 2).

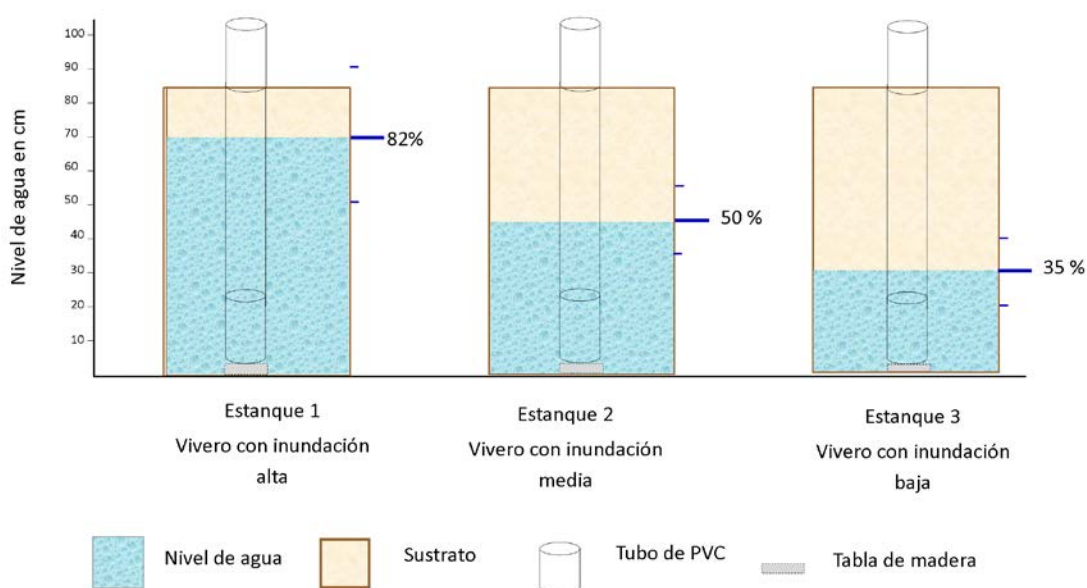


Figura 2. Nivel de inundación en los estanques y su porcentaje de saturación.

El vivero con inundación alta (VIA) estaba con agua a los  $15 \pm 20$  cm bajo el nivel del sustrato con un porcentaje promedio del 82% de saturación de agua, el vivero con inundación media (VIM) tenía agua a los  $43 \pm 10$  cm abajo del nivel del sustrato con el 50% de saturación y por último el vivero con inundación baja (VIB) contaba con agua a los  $55 \pm 10$  cm bajo el nivel del sustrato con el 35% de saturación de agua (Fig. 3 y anexo 1).

El agua que se agregaba en los viveros era agua dulce y se obtenía de la tubería de agua potable, se le agregaba agua con una manguera a tinacos de 450 litros y posteriormente esta agua se pasaba a cada vivero para mantener el nivel de inundación requerido, al vivero con inundación alta se le agregaban 450 litros de agua dos veces a la semana, al vivero con inundación media 450

litros una vez a la semana y por último al vivero con inundación baja 225 litros dos veces a la semana.

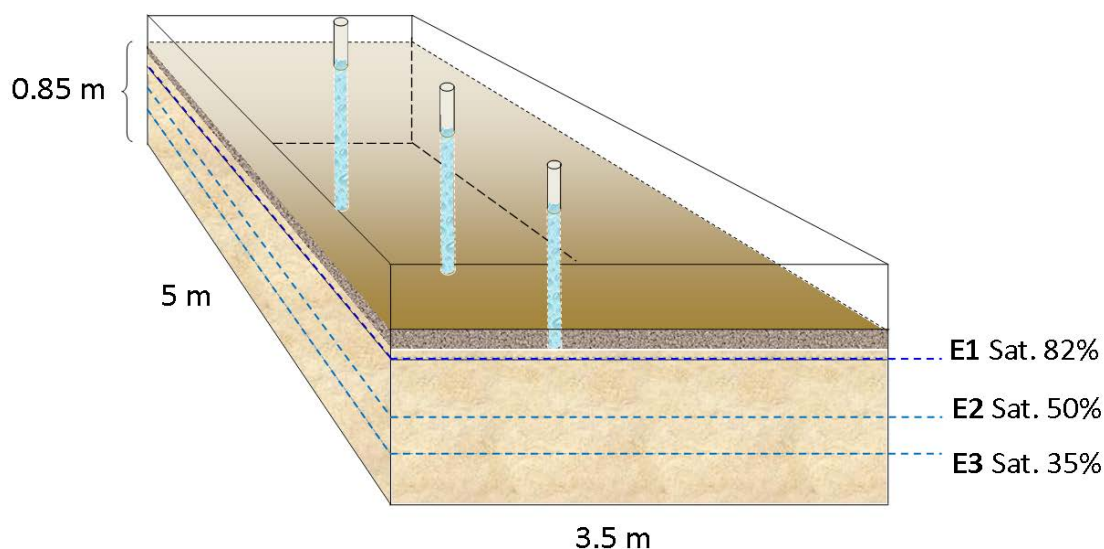


Figura 3. Nivel de inundación en los estanques.

Donde E1 es el vivero con inundación alta, E2 es el vivero con inundación media y E3 es el vivero con inundación baja, Sat. = Saturación de agua.

### 7.2.2. Viveros con riego

Se construyeron dos repeticiones del vivero de riego (VRP), con medidas de 3.5 m de largo y 2.5 m de ancho por 1.30 m de profundidad, después se colocó una capa de arena de 80 cm y sobre la arena otra capa de 10 cm de aluvió con sustrato comercial *peat moss* (80% aluvió limoso y 20% turba). Este vivero fue construido de la misma manera que los estanques con inundación, con la diferencia que no cuenta con los tubos de PVC en el centro ni el plástico de polietileno, esto para que al regar las plantas el agua no quedara detenida en el suelo del vivero sino que pueda drenar. Para regar las 90 plantas de cada repetición fueron necesarios 60 litros semana<sup>-1</sup>, es to es 0.66 litros Planta<sup>-1</sup> semana<sup>-1</sup>.

Se implementó un vivero tradicional (VRT) con 36 plantas de *L. racemosa* y 36 de *R. mangle* que fue utilizado como control, en este vivero se colocaron las plantas embolsadas y acomodadas sobre el suelo. La especie *A. germinans* no se pudo incluir en este vivero debido a la baja sobrevivencia que presentó la

especie en la primera etapa. Para el riego de 72 plantas de mangle se utilizaron 48 litros semana<sup>-1</sup>, esto es 0.66 litros semana<sup>-1</sup>.

En la figura cuatro se muestran los dos viveros de riego, el dibujo A muestra al vivero con riego en donde las plantas fueron enterradas en el sustrato, mientras que el dibujo B indica al vivero tradicional en donde las macetas se encuentran sobre el suelo, la diferencia en los tonos del suelo indica en A, que la arena fue removida y en B no se removió la arena. Las gotas de agua en la parte superior indican el riego con una manguera para los dos viveros.

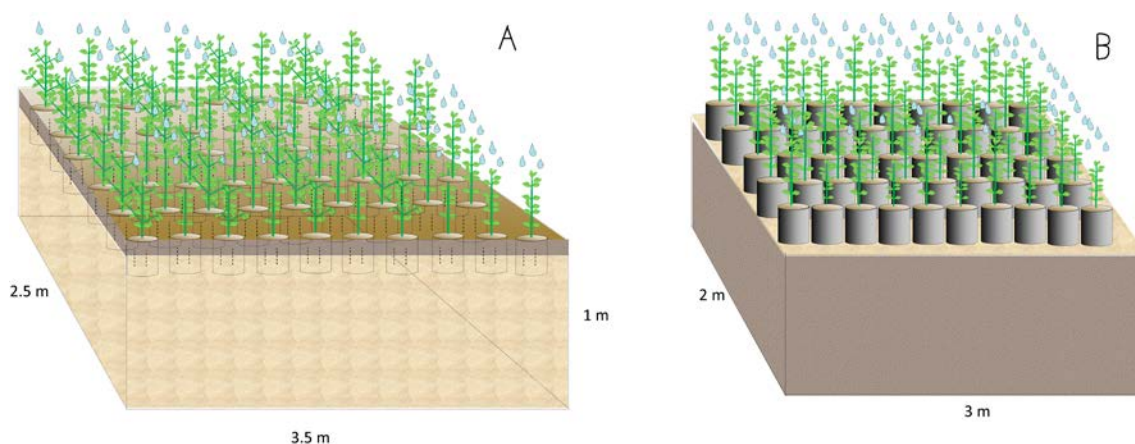


Figura 4. Diseño de los viveros de riego A= Vivero de riego y B= vivero tradicional.

### 7.3. Diseño del experimento

El experimento se estableció en Julio de 2012 con plantas de mangle de nueve meses de edad de las cuales los propágulos se colectaron en el verano de 2011. Los tratamientos consisten en 36 plantas de cada especie, plantadas en un vivero con nivel de inundación alto (82% de saturación de agua), 36 plantas de cada especie en un vivero con nivel de inundación medio (50% de saturación de agua), 36 plantas de cada una de las especies en un vivero con inundación baja (35% de saturación de agua).

El vivero de riego constaba de dos repeticiones, cada repetición con 36 plantas de *L. racemosa*, 36 de *R. mangle* y 15 plantas *A. germinans*. Otro tratamiento de vivero tradicional que funcionaba como control tenía 36 plantas de *L. racemosa* y 36 plantas de *R. mangle* (tabla 1).

Tabla 1. Tratamientos.

Especie	Tipo de Vivero	# de plantas
L. racemosa	Inundación alta	36
	Inundación media	36
	Inundación baja	36
	Vivero de riego	36*
	Vivero tradicional	36
R. mangle	Inundación alta	36
	Inundación media	36
	Inundación baja	36
	Vivero de riego	36*
	Vivero tradicional	36
A. germinans	Inundación alta	36
	Inundación media	36
	Inundación baja	36
	Vivero de riego	15*

\*Cada repetición

#### FACTORES

A: Especies de mangle

B: Tipo de riego

#### NIVELES

*Lr, Rm y Ag*

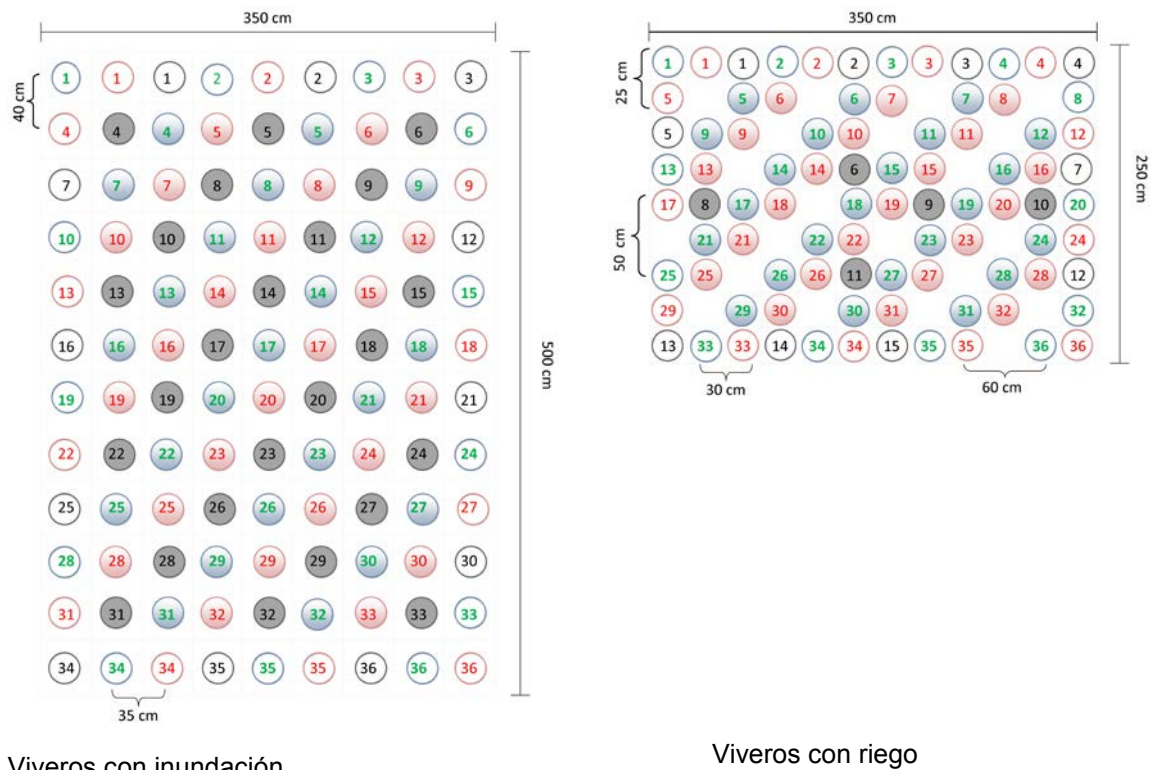
Inundación alta, inundación media, inundación baja, vivero de riego y vivero tradicional

Se utilizó el Diseño de Bloques Aleatorizados (DBA) con un arreglo factorial 3 x 5 (3 especies, 5 tipos de vivero) conformando 14 tratamientos con un tamaño de muestra de 36 plantas. Para el análisis estadístico se usaron los datos de cada planta, de tal manera que en cada bloque aparecen representadas las tres especies y los cinco tipos de vivero.

#### 7.4. Plantación de mangle en los viveros

En el mes de Junio del 2012, las plantas de nueve meses de edad fueron llevadas en una embarcación desde el instituto de Ciencias del Mar a la Isla de La Piedra para plantarlas en cada uno de los viveros. Las plantas se instalaron con bolsa en cada vivero, solo se hicieron tres rasgaduras de ocho centímetros a un costado de la bolsa de polietileno y se colocaron en pozos de 15 cm de diámetro y aproximadamente 20 cm de profundidad. Se dejó la bolsa con el boliche para poder darle un mejor manejo a la planta una vez terminado el experimento y realizar actividades de forestación.

Las plantas se distribuyeron en una cuadrícula regular y de manera alternada, es decir, una planta de *L. racemosa* seguida de otra de *R. mangle* y al final una de *A. germinans*, se decidió realizar la plantación de esta manera en el estanque (y no la especie al azar) para asegurar que todas las especies estuvieran distribuidas de manera uniforme en todo el estanque, es decir, la especie se encontrara arriba, en medio y abajo del estanque (Fig. 5).



Viveros con inundación

Viveros con riego

Figura 5. Forma de plantación de las especies de mangle en los viveros

#### 7.4.1. Viveros con inundación

Cada estanque con inundación disponía de 12 filas con nueve plantas y una distancia horizontal entre plantas de 35 cm aprox. y 40 cm de manera vertical. Se plantó un individuo de la especie *L. racemosa*, seguido de otro de *R. mangle* y posteriormente uno de *A. germinans* y así sucesivamente, haciendo un total de 108 plantas en cada vivero (Fig. 5). Con una densidad de nueve plantas por  $m^2$  (tres de cada especie por  $m^2$ ).

#### 7.4.2. Viveros de riego

En cada repetición del vivero de riego, se plantaron 9 filas con un promedio de  $10 \pm 2$  plantas en cada una (distancia entre plantas de 35 cm aprox.), se plantó un individuo de la especie *L. racemosa*, seguido de otro de *R. mangle* y posteriormente uno de *A. germinans* y así sucesivamente, haciendo un total de 90 plantas en cada repetición, con una densidad de diez plantas por  $m^2$ . De la especie *A. germinans* solo se plantaron 15 plantas quedando espacios vacíos (Fig. 5 y 6). Este vivero tenía cuatro plantas de *L. racemosa*, cuatro de *R. mangle* y dos de *A. germinans* por  $m^2$ .



Figura 6. Vivero de riego

En el vivero tradicional (figura 7), los manglares se instalaron en un vivero cubierto con malla sombra y se mantuvieron a las macetas (plantas con su bolsa de sustrato) sobre el suelo, este vivero tuvo una densidad de 32 plantas por  $m^2$  y se regaba con agua dulce dos veces a la semana.



Figura 7. Vivero tradicional

## 7.5. Registro y análisis de datos

A cada planta se le colocaron etiquetas de plástico con números para darle seguimiento de manera individual, cada mes se midieron todos los parámetros biológicos (Fig. 8). Se registraron los costos de los materiales y el mantenimiento de las plantas en los cinco viveros.

### 7.5.1. Porcentaje de sobrevivencia

Cada mes se contó el número de individuos vivos en cada tratamiento y se calculó el porcentaje de sobrevivencia.

### 7.5.2. Altura de las plantas

Se midió la altura con ayuda de una regla graduada en milímetros. En *R. mangle* se midió a partir de la parte apical del propágulo, es decir desde donde nace el tallo hasta donde se insertan el último par de hojas verdaderas, en *A. germinans* y *L. racemosa* se midió desde el cuello de la planta hasta la zona de inserción del último par de hojas verdaderas de la rama principal (Benítez-Pardo, 2007).

### 7.5.3. Diámetro del tallo

Se midió el cuello de la planta con un vernier digital Mitutoyo con precisión de 0.01 mm. En *L. racemosa* y *A. germinans* esta medición se registró un centímetro arriba de la superficie del suelo, para *R. mangle* se midió el cuello de la rama principal un centímetro arriba de la parte apical del propágulo.

### 7.5.4. Ramas principales y número de hojas

Se contó con observación directa el número de ramas principales y las hojas presentes en la planta.

### 7.5.5. Gramos de peso seco de las hojas

Se colectaron las hojas de seis plantas por especie que se extrajeron como muestra de cada uno de los viveros, estas hojas se dejaron secar a  $\approx 70^\circ$  por cuatro días y se pesaron en una balanza.



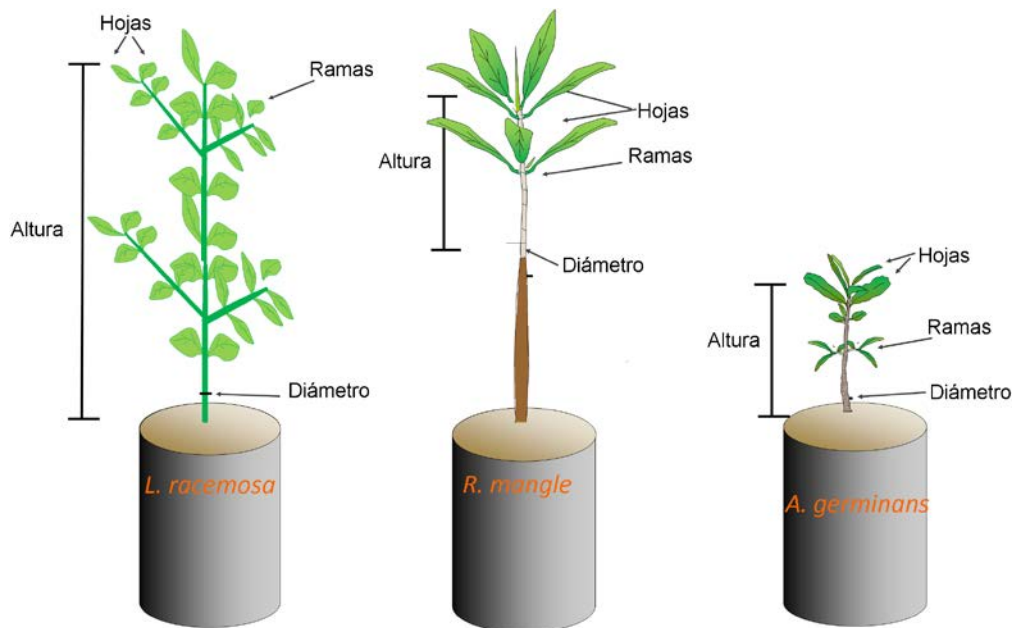


Figura 8. Datos que se registran en los manglares.

#### 7.5.6. Tasa de producción foliar

Se calculó multiplicando el número de hojas producidas al mes, por el promedio de gramos de peso seco de hojas (Coulter *et al.*, 2001 en Argüello-Velázquez, 2012). Para obtener la producción primaria foliar se multiplicó la tasa de producción foliar por planta por la densidad (número de plantas  $m^{-2}$ ).

#### 7.5.7. Determinación de la calidad de las plantas

En el mes de Enero de 2013 con la altura de la planta (cm), diámetro del tallo (mm), biomasa en húmedo y seco de la parte aérea y del sistema radical (g) se calcularon los índices que permitieron determinar la calidad de las plantas producidas en los viveros siguiendo la metodología de Orozco *et al.* (2010) y Saenz *et al.* (2010).

Para esto se sacaron seis plantas de cada especie de cada uno de los viveros y una vez quitada la bolsa de polietileno se colocó el cepellón dentro de un recipiente con agua con capacidad de 20 litros. Con el agua fue posible que el sustrato se separara de la raíz y quedara al descubierto, se limpió muy bien las raíces y se colocaron en papel secante para quitarles el agua. Posteriormente en el laboratorio se midió el diámetro, la altura y la longitud de la raíz principal.

Para la Biomasa en húmedo de la parte aérea y del sistema radical (g) se separaron ambas partes con unas tijeras de podar y el peso se determinó con una báscula digital a una precisión de centésimas de gramo. Después los mangles se colocaron dentro de cajas de papel aluminio y se dejaron secar en una estufa a  $\approx 70^\circ$  por cuatro días y finalmente se determinó el peso seco de cada parte de la planta y con estos datos se calculó la Biomasa en seco de la parte aérea y del sistema radical (g). Posteriormente se calcularon los siguientes índices:

Índice de esbeltez o de robustez. \_ se calculó dividiendo la altura en centímetros entre el diámetro en milímetros (Orozco *et al.*, 2010). Se considera como la cantidad de cm que aumenta en altura por cada mm que aumenta en diámetro.

Índice de lignificación. \_ se calculó dividiendo el peso seco total entre peso fresco total en gramos, por 100. El índice de lignificación consiste en determinar el porcentaje de peso seco, con relación al contenido de agua en las plantas (Prieto, 2004 en Orozco *et al.*, 2010).

Relación parte aérea: Longitud de la raíz principal. \_ se calculó dividiendo la altura de la parte aérea de la planta entre la longitud de la raíz (Saenz *et al.*, 2010). En la especie *R. mangle* la altura medida (desde donde nace el tallo verdadero hasta donde se insertan el último par de hojas) se le sumó la longitud del hipocotilo, siendo la parte aérea la altura desde el cuello de la planta hasta la zona de inserción del último par de hojas de la rama principal.

Relación Biomasa seca aérea/Biomasa seca raíz. \_ Se calculó dividiendo el peso seco de la parte aérea entre el peso seco de la raíz en gramos (Rodríguez, 2008 en Saenz *et al.*, 2010).

El índice de calidad de Dickson (ICD) se calculó con la fórmula propuesta en Saenz *et al.*, 2010.

$$ICD = \frac{\text{Peso seco total de la planta (g)}}{\frac{\text{Altura (cm)}}{\text{Diametro del cuello de la raíz (mm)}} + \frac{\text{Peso seco parte aérea (g)}}{\text{Peso seco raíz (g)}}$$

Saenz *et al.*, 2010, menciona los parámetros básicos (cuantitativos) que debe tener una planta de tipo latifoliada producida en vivero para que sea considerada de calidad antes de salir al campo.

Tabla 2. Valores para calificar la calidad de la planta con crecimiento normal en viveros.

Variable	Calidad y rango		
	Alta	Media	Baja
Altura cm	15-35	12-15	<12
Diámetro mm	>4	2.5 -4	< 2.5
Índice de esbeltez	< 6	6-8	>8
Relación parte aérea: longitud de la raíz	< 2:1	2-2.5 :1	>2.5 : 1
Relación BSA/ BSR*	1.5 -2	2-2.5	>2.5
Índice de calidad de Dickson	>0.5	0.2-0.5	<0.2
Lignificación %	>30	25 -30	20-25

\* BSA/ BSR = biomasa seca aérea: Biomasa seca raíz

Debido a que en forma individual la utilización de estos parámetros morfológicos presentan limitantes para predecir la supervivencia y crecimiento de las plantas en los sitios de plantación, se determinó la calidad de las plantas en los viveros reclassificándolas de acuerdo a las siguientes características planteadas por Saenz *et al.*, 2010:

**Calidad Alta:** Se refiere a plantas que presentan ausencia de características indeseables, es decir, que las variables evaluadas se calificaron como de calidad alta, aunque se puede aceptar hasta dos valores con calidad media, pero en ningún caso valores con calidad baja.

**Calidad Media:** Se aceptan hasta tres valores de calidad media y una variable con calificación de calidad baja.

Calidad Baja: Son aquellas plantas que presentan dos o más valores de calidad baja, es decir, son plantas que tendrán una baja supervivencia y reducido desarrollo en los sitios de plantación.

#### 7.6. Análisis estadístico

Se calculó el crecimiento de las tres especies de mangle para la etapa uno (Octubre de 2011 a Junio de 2012) para esto se realizó análisis de regresión lineal de los promedios mensuales de altura y se compararon las pendientes obtenidas en la regresión.

Para el análisis estadístico de los datos obtenidos de altura, diámetro, ramas y hojas durante la etapa dos, se calculó el promedio mensual durante siete meses (Julio 2012 a Enero 2013) de cada parámetro biológico para cada especie y en cada uno de los viveros, después a estos promedios mensuales se le aplicó un análisis de regresión lineal y posteriormente mediante un análisis de varianza con el paquete STATISTIC se calculó la significancia de las pendientes de las regresiones lineales realizando un análisis factorial para cada parámetro con los meses.

La comparación de pendientes se realizó con Microsoft Excel mediante una prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales o desiguales según el caso, en donde se tuvo diferencias significativas entre los viveros se determinó las relaciones de crecimiento dividiendo las pendientes.

Se realizó un análisis estadístico multifactorial por separado, se analizó por especies, tipos de vivero, tamaño según la intersección al eje b y lugar de plantación con su correspondiente Análisis de varianza (ANOVA). Para el caso de las variables supervivencia y número de ramas principales (datos no paramétricos) se les aplicó la prueba estadística Kruskal-Wallis. Se realizó un análisis estadístico de las plantas dividiéndolas en dos grupos según el lugar de plantación, las plantas de la orilla de las plantas del centro, con el objetivo de conocer la influencia de la densidad en el crecimiento de los mangles.

Las plantas de las tres especies de mangles se dividieron en dos grupos tomando en cuenta los valores de altura registrados en las plantas en el mes uno (Julio 2013). Por especie se identificaron los rangos para la altura en donde no se tenían diferencias significativas entre los viveros. Posteriormente, en cada grupo se realizaron análisis de regresión lineal, de terminando los valores de intersección al eje (b) por especie y para cada vivero, se le aplicó un análisis de varianza entre los dos grupos para determinar diferencias en el crecimiento. Las comparaciones se realizaron para los cuatro parámetros biológicos registrados.

#### 7.7. Muestreo de sustrato

Una muestra se tomó en el mes de junio de 2012 con la finalidad de conocer los nutrientes y salinidad de la primera capa de arena que se le colocó en los viveros, se tomó la muestra de sustrato de los viveros de inundación y riego antes de ponerles agua y las plantas. Otra de las muestras se tomó en el mes de Julio de 2012, cuando los viveros contaban con la capa de 10 cm de aluición con sustrato comercial *peat moss* (80% aluición limoso y 20% turba).

Al final del experimento (Enero de 2013) se tomó una muestra del sustrato de cada uno de los viveros. En el caso del vivero tradicional se obtuvo el sustrato de la maceta. Se tomaron muestras en tres sitios de cada vivero para conocer las propiedades físicas y químicas (nutrientes, salinidad y textura), estas muestras se mezclaron para completar dos kilos del suelo de cada vivero. Para la toma de muestras se cavó un pozo con una pocera en cada estanque, este pozo fue de 20 cm de profundidad y 10 cm de diámetro de manera que se tuviera muestra de las dos capas de sustrato que se pusieron en cada estanque. El sustrato se mezcló y se colocó en bolsitas de plástico para posteriormente ser analizadas. El análisis de las muestras en donde se determinó la salinidad y los nutrientes del suelo se llevaron a cabo por el laboratorio AGRO DIAGNOSTICO, Servicio de Laboratorio Agrícola y Asesoría en Nutrición Vegetal, ubicado en Culiacán, Sinaloa.

### 7.8. Tercera etapa: forestación en estanques-lagunas

Como apoyo para la etapa de forestación se construyeron dos estanques-laguna en el mismo predio de Isla de la Piedra donde se llevó a cabo este experimento. Los estanques-laguna se construyeron en el mes de Agosto de 2012 con ayuda de una máquina retroexcavadora que excavo 594.15 m<sup>3</sup> para un estanque y 1132.85 m<sup>3</sup> en el otro. El agua se infiltra a los estanques-lagunas según el nivel de la marea en el estero, el sustrato de los estanques es arenoso.

En Septiembre de 2012 se construyeron plataformas de arena dentro de los estanques, en algunas plataformas se detuvo la arena construyendo una pared vertical con tablas de madera de 3.5 x 30 x 0.025 metros fijas al sustrato con varillas de 1.2 m de altura enterradas 50 cm en el sedimento, cada varilla se cubrió con tubos de PVC de ½" de 0.7m de altura. En estas plataformas se plantaron 162 mangles de un año de edad de las especies de mangle *L. racemosa* y *R. mangle* de vivero, además de propágulos que fueron colectados en el mes de Septiembre y Octubre de 2012 del bosque de manglar en el estero de Urías. El estanque alejado al estero y más chico presento en el mes de Septiembre de 2012 una salinidad de 2 ups, y el estanque-laguna cerca al estero y más grande de 20 ups.

Para el mes de Marzo 2013, después de que los mangles fueron sacados de los viveros con inundación, riego y tradicional fueron plantados en los estanques-lagunas, siendo la salinidad de los estanques de 14 ups en el estanque de chico y 28 ups en el estanque grande. La plantación se realizó para la especie *L. racemosa* y *R. mangle* a los 3, 30 y 60 cm sobre el nivel del suelo, mientras que para *A. germinans* a los 30 y 60 cm.

## 8. RESULTADOS

### 8.1. Primera etapa: producción de mangles en el vivero del ICMYL

En la primera etapa se sembraron 274 propágulos de *A. germinans*, 1,251 propágulos de *L. racemosa* y 323 propágulos de *R. mangle*, teniéndose una sobrevivencia de 52.5%, 29.6% y 79.5% respectivamente. En total se produjeron 771 plantas, siendo 370 plantas de *L. racemosa*, 257 de *R. mangle* y 144 de *A. germinans*. Se calculó que eran necesarios 130 litros de agua diarios para el riego de 771 plantas instaladas en el vivero, regando tres días a la semana se gastaban 390 litros de agua, esto es 0.5 litros Planta<sup>-1</sup> semana.

Durante los nueve meses que se mantuvieron las plantas en el vivero se observó mayor crecimiento en *L. racemosa* comparada con las otras dos especies. La especie *L. racemosa* tuvo un crecimiento de 1.4 cm mes<sup>-1</sup>, le sigue *R. mangle* con 1.1 cm mes<sup>-1</sup> y por último *A. germinans* con 0.6 cm mes<sup>-1</sup>. Se encontraron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) en el crecimiento de las tres especies estudiadas. Al dividir las pendientes, el crecimiento en *L. racemosa* fue de 2.39 veces mayor que *A. germinans* y 1.32 veces más que *R. mangle*. *R. mangle* presentó un crecimiento 1.80 veces más que *A. germinans*.

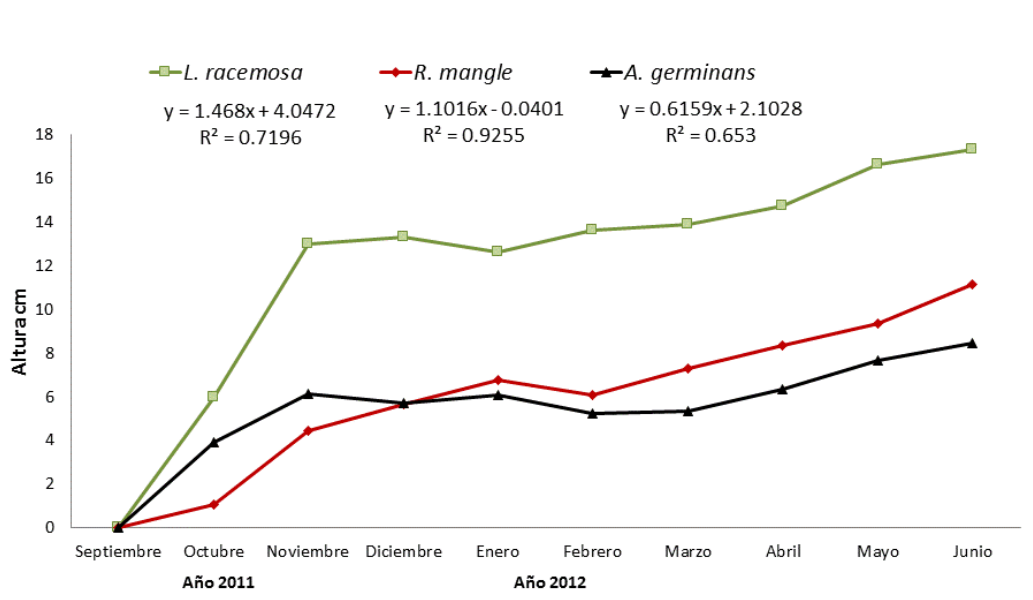


Figura 9. Crecimiento de las especies de mangle en condiciones de vivero

Las actividades en esta etapa consistieron en la colecta de propágulos con un costo de \$ 1,100.00, el transporte al vivero \$1, 206.00, la siembra de los propágulos en tinas \$890.00, la medición de los mangles \$33.00, el embolsado \$1,552.00 y el etiquetado de \$54.00, dando un costo total de \$4,835.00, y un costo de producción por planta de \$6.27 (anexo 3).

## 8.2. Segunda etapa: sobrevivencia y crecimiento en tres viveros de inundación y dos de riego.

En el mes de Julio de 2012 las plantas fueron plantadas en los cinco viveros. Las plantas de las tres especies de mangle estuvieron en estos viveros durante siete meses de Julio 2012 a Enero de 2013 (Fig. 10).



Figura 10. Plantas en los viveros.

### 8.2.1. Porcentaje de sobrevivencia

Los 36 individuos plantados inicialmente de las especies *L. racemosa* y *R. mangle* se mantuvieron en los estanques con inundación lo que nos da una sobrevivencia del 100% para las dos especies, en el vivero con riego se tenían 35 de los 36 individuos plantados inicialmente con el 99% de sobrevivencia y el vivero tradicional tuvo 34 plantas con una sobrevivencia del 94% para estas dos especies.



Para la especie *A. germinans* en el vivero con inundación alta lograron sobrevivir 25 individuos de los 36 plantados al inicio del experimento con un porcentaje de sobrevivencia de 69 %, en el vivero con inundación media sobrevivieron 33 plantas con el 92%, en el de inundación baja se tuvo 81% de sobrevivencia con 29 individuos de 36 plantados inicialmente, en el vivero de riego estaban 26 de los 30 plantados inicialmente, es to es un 77 % de sobrevivencia ( Fig. 11). La prueba de Kruskal-Wallis indica que no hay diferencias significativas en la sobrevivencia ( $P > 0.05$ ) para *L. racemosa* y *R. mangle* entre los viveros. Sin embargo, para *A. germinans* si existieron diferencias significativas en la sobrevivencia ( $P < 0.05$ ) del vivero de inundación media y baja con respecto al vivero de riego.

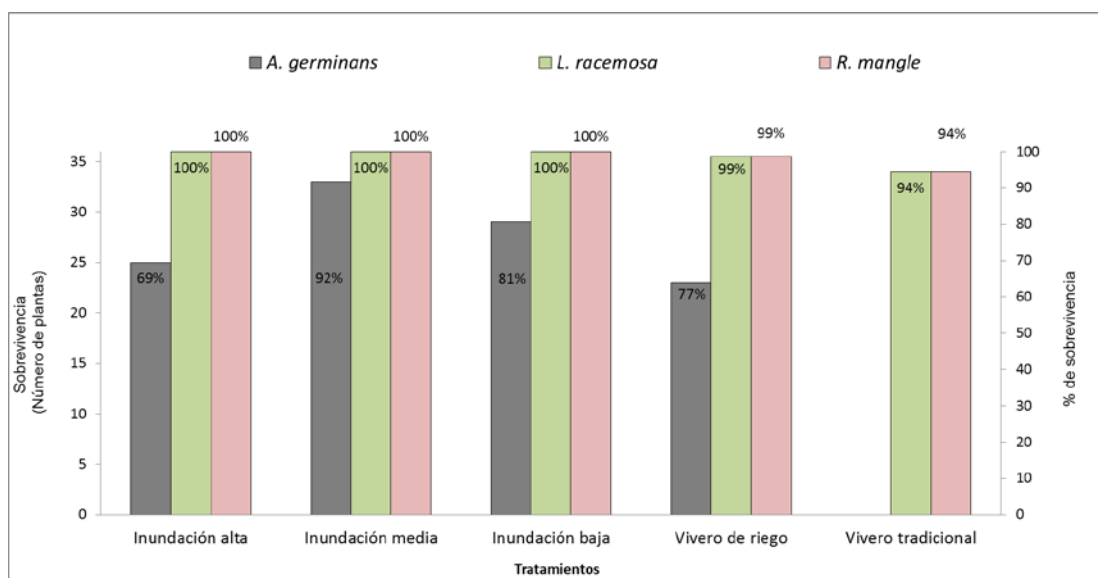


Figura 11. Número de plantas y porcentaje de sobrevivencia de las especies en los viveros.

### 8.2.2. Crecimiento en altura por especie

***L. racemosa***\_ El análisis de varianza y de comparación de pendientes muestra una diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) en el crecimiento de los viveros con inundación y el vivero de riego con respecto al vivero con riego tradicional. Los datos de *L. racemosa* se ajustaron a una recta de regresión lineal, las  $R^2$  muestran valores cercanos a 1. Se presentó un crecimiento significativo en los cinco viveros, sin embargo se tenían diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) en el

crecimiento de los viveros con inundación y riego de 1.4 a 1.8 cm mes<sup>-1</sup> comparado con el crecimiento de 0.5 cm mes<sup>-1</sup> en el vivero tradicional. El crecimiento en los viveros con inundación y el vivero de riego es de 2.9 a 3.5 veces más con respecto al vivero tradicional (Fig. 12, tabla 3).

Tabla 3. Análisis de regresión y = mx + b para tasas de crecimiento (altura) en *L. racemosa*.

Tipos de vivero	m (cm mes <sup>-1</sup> )	Significancia de m	b (cm)	R <sup>2</sup>
Inundación alta	1.4 <sup>a</sup>	S	19.5	0.99
Inundación media	1.6 <sup>a</sup>	S	17.9	0.95
Inundación baja	1.8 <sup>a</sup>	S	15.4	0.95
Vivero de riego	1.5 <sup>a</sup>	S	20.3	0.95
Vivero tradicional	0.5 <sup>b</sup>	S	17.9	0.88

S= Significativa Letras diferentes muestran diferencias significativas entre los viveros.

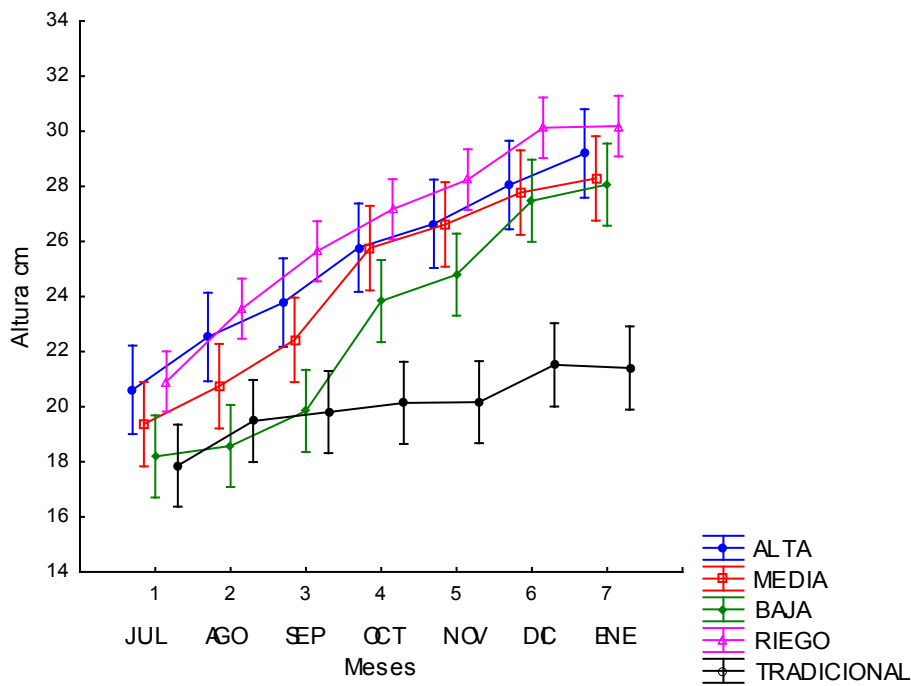


Figura 12. Crecimiento de las plantas de *L. racemosa* presentada en los viveros. Las barras de error indican el intervalo de confianza del 95 %.

**R. mangle.** El análisis de varianza indica que no hay diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) en el crecimiento entre los viveros (Fig. 13). Los datos se ajustaron a una recta de regresión lineal, las  $R^2$  muestran valores cercanos a 1. Esta especie presentó un crecimiento de 0.3 a 0.5 cm mes<sup>-1</sup>.

Tabla 4. Análisis de regresión  $y = mx + b$  para tasas de crecimiento (altura) en *R. mangle*.

Tipo de vivero	m (cm mes <sup>-1</sup> )	Significancia de m	b (cm)	R <sup>2</sup>
Inundación alta	0.5 <sup>a</sup>	S	13.3	0.92
Inundación media	0.3 <sup>a</sup>	NS	12.7	0.88
Inundación baja	0.3 <sup>a</sup>	NS	13.7	0.71
Vivero de riego	0.3 <sup>a</sup>	S	11.3	0.88
Vivero tradicional	0.3 <sup>a</sup>	NS	7.9	0.99

S= Significativa. NS= no significativa. Letras iguales indican diferencias no significativas ( $P > 0.05$ ) entre los viveros.

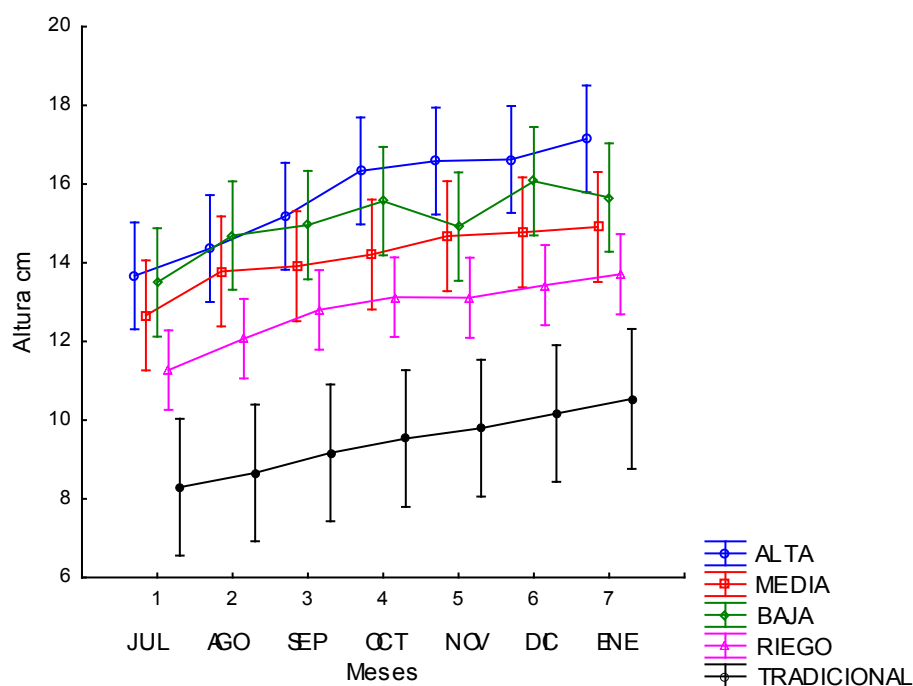


Figura 13. Crecimiento de las plantas de *R. mangle* presentado en los viveros.

**A. germinans.** El análisis de varianza mostro que no hay diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) en el crecimiento entre los cuatro viveros para (Fig. 14, tabla 5). Las pendientes no fueron significativas en los viveros, lo que nos

indica que esta especie solo se mantuvo en los viveros, sin mostrar un crecimiento.

Tabla 5. Análisis de regresión  $y = mx + b$  para tasas de crecimiento (altura) en *A. germinans*.

Tipos de vivero	m (cm mes <sup>-1</sup> )	Significancia de m	b (cm)	R <sup>2</sup>
Inundación alta	0.4 <sup>a</sup>	NS	9.5	0.69
Inundación media	0.5 <sup>a</sup>	NS	8.4	0.63
Inundación baja	0.3 <sup>a</sup>	NS	10.7	0.81
Vivero de riego	0.3 <sup>a</sup>	NS	5.9	0.94

NS= no significativa. Letras iguales indican diferencias no significativas ( $p > 0.05$ ) entre los viveros.

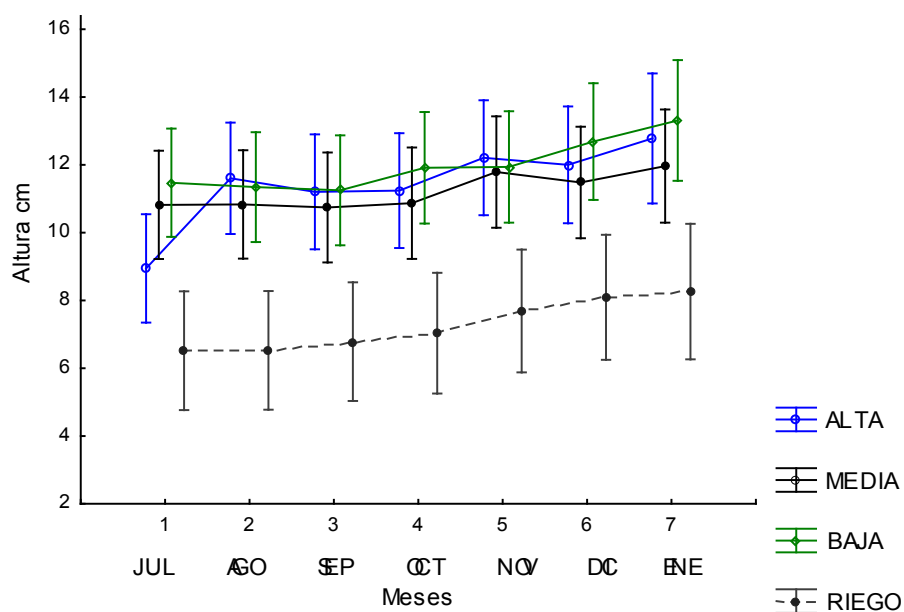


Figura 14. Crecimiento de las plantas de *A. germinans* presentada en los viveros.

### 8.2.3 Diámetro del tallo

***L. racemosa.*** El análisis de varianza y de comparación de pendientes encontró diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) en el crecimiento del vivero de inundación alta con respecto a otros cuatro viveros, así como en el vivero tradicional con respecto a los otros viveros (Fig. 15). Los datos de diámetro de la especie se ajustaron a una recta de regresión lineal, las  $R^2$  muestran valores

cercanos a 1 (tabla 6), se tuvo un crecimiento significativo en los cinco viveros. Se tiene un crecimiento en el vivero con inundación alta de  $0.99 \text{ mm mes}^{-1}$ , en el de inundación media y baja de  $0.61$  a  $0.63 \text{ mm mes}^{-1}$ , mientras que para el de riego de  $0.48 \text{ mm mes}^{-1}$  y en el tradicional de  $0.20 \text{ mm mes}^{-1}$ . El crecimiento en inundación alta fue de 1.5 a 1.6 veces más con respecto al vivero de inundación media y baja, de dos veces más con respecto al de riego. El vivero tradicional presento la menor tasa de crecimiento, siendo el crecimiento en el vivero de inundación alta de 4.9 veces más, en el de inundación media y baja de tres veces más, y en el de riego de 2.4 veces más.

Tabla 6. Análisis de regresión  $y = mx + b$  para tasa de crecimiento (diámetro) de plantas de *L. racemosa*.

Tipos de vivero	m ( $\text{mm mes}^{-1}$ )	Significancia de m	b (mm)	R <sup>2</sup>
Inundación alta	0.99 <sup>a</sup>	S	4.98	0.96
Inundación media	0.63 <sup>b</sup>	S	4.21	0.98
Inundación baja	0.61 <sup>bc</sup>	S	4.04	0.98
Vivero de riego	0.48 <sup>c</sup>	S	4.37	0.97
Vivero tradicional	0.20 <sup>d</sup>	S	4.45	0.87

S= significativa Letras diferentes muestran diferencias significativas entre los viveros.

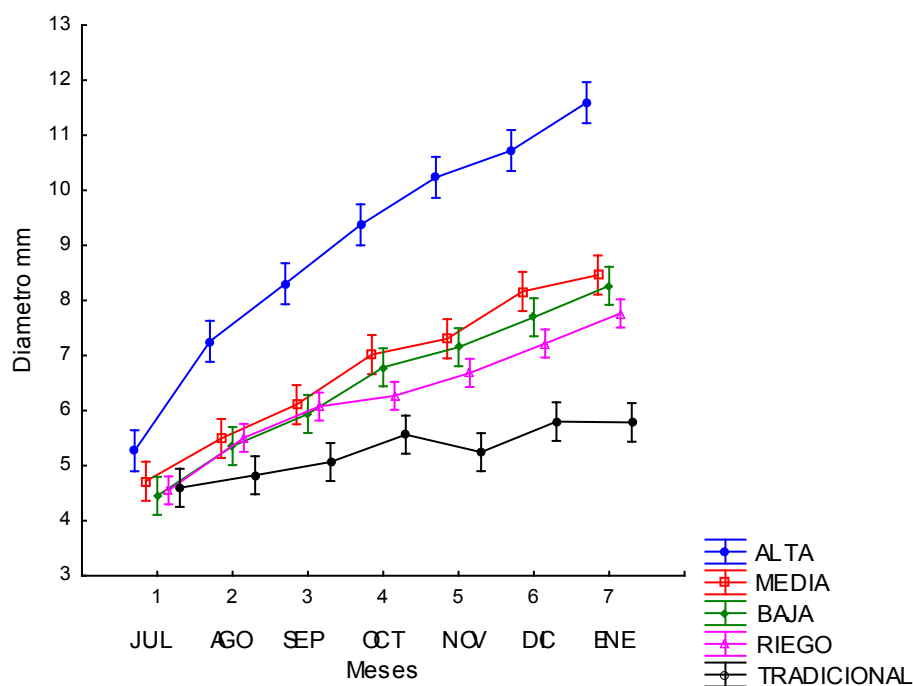


Figura 15. Crecimiento en diámetro de *L. racemosa* en los tipos de vivero. Las barras de error indican el intervalo de confianza del 95 %.

**R. mangle.** El análisis de varianza indica que no hay diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) en el crecimiento de *R. mangle* entre los viveros. La pendiente fue significativa en todos los viveros con inundación y riego con un crecimiento de 0.06 a 0.13 mm mes<sup>-1</sup> (Fig. 16, tabla 7).

Tabla 7. Análisis de regresión  $y = mx + b$  para tasa de crecimiento (diámetro) de plantas de *R. mangle*.

Tipos de vivero	m (mm mes <sup>-1</sup> )	Significancia de m	b (mm)	R <sup>2</sup>
Inundación alta	0.13 <sup>a</sup>	S	5.00	0.63
Inundación media	0.06 <sup>a</sup>	S	5.19	0.85
Inundación baja	0.06 <sup>a</sup>	S	5.21	0.64
Vivero de riego	0.07 <sup>a</sup>	S	4.81	0.86
Vivero tradicional	0.07 <sup>a</sup>	NS	3.89	0.70

S=Significativo. NS= No significativo. Letras iguales indican diferencias no significativas ( $p > 0.05$ ) entre los viveros.

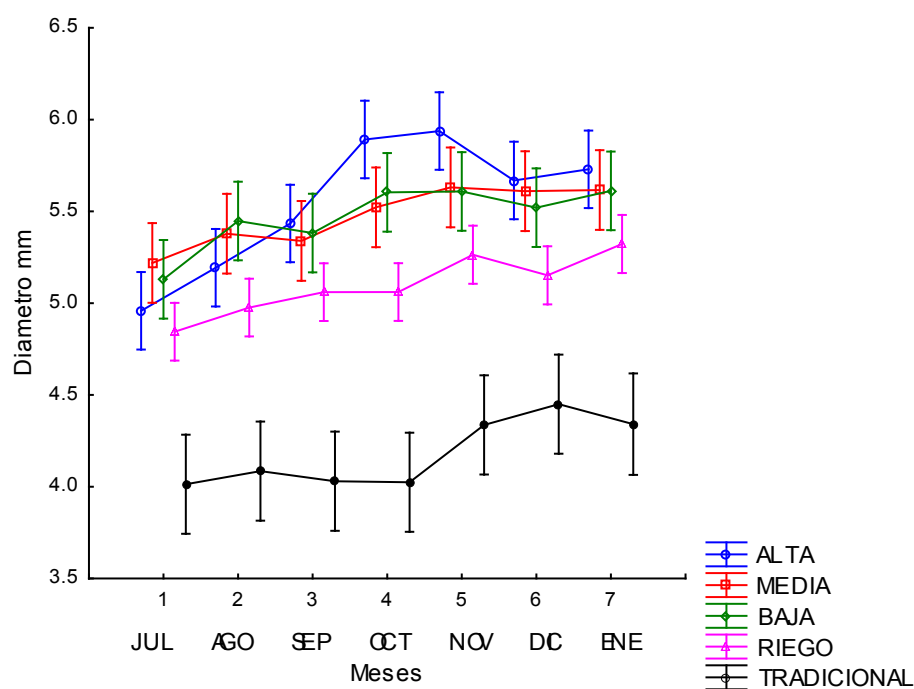


Figura 16. Crecimiento en diámetro para *R. mangle* durante siete meses.

**A. germinans.** Para el análisis de varianza no se encontraron diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) en el crecimiento de las plantas entre los viveros (Fig. 17, tabla 8). Esta especie tiene un crecimiento de 0.11 a 0.27 mm mes<sup>-1</sup>. El crecimiento fue significativo en los viveros con inundación.

Tabla 8. Análisis de regresión  $y = mx + b$  para tasa de crecimiento (diámetro) de *A. germinans*.

Tipos de vivero	m (mm mes <sup>-1</sup> )	Significancia de m	b (mm)	R <sup>2</sup>
Inundación alta	0.27 <sup>a</sup>	S	3.54	0.70
Inundación media	0.11 <sup>a</sup>	S	4.10	0.51
Inundación baja	0.15 <sup>a</sup>	S	3.56	0.60
Vivero de riego	0.09 <sup>a</sup>	NS	3.26	0.53

S=Significativo. NS= No significativo. Letras iguales indican diferencias no significativas ( $p > 0.05$ ) entre los viveros.

El análisis de comparación de pendientes indica que el crecimiento en el vivero de riego fue significativamente menor en comparación con los viveros de inundación, siendo en el vivero de inundación alta de 3 veces más, el vivero de media de 1.2 veces más y el vivero con inundación baja de 1.6 veces más.

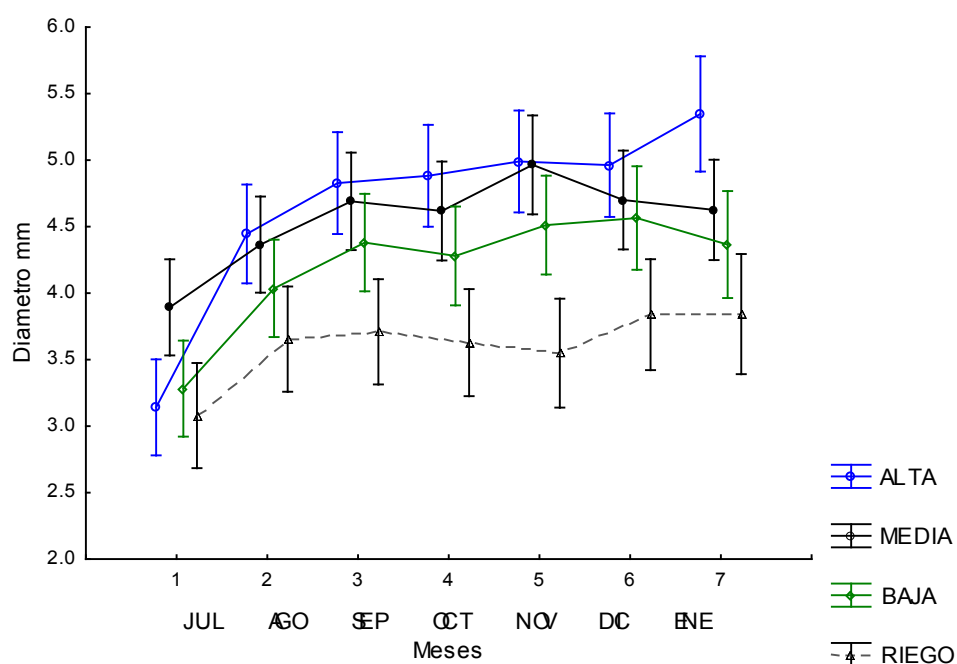


Figura 17. Crecimiento en diámetro para *A. germinans* durante siete meses.

#### 8.2.4. Ramas principales

***L. racemosa.*** La prueba de Kruskal-Wallis de mostró que es significativamente mayor la producción mensual en ramas en el vivero de inundación alta con respecto a los otros cuatro viveros. Mientras que el vivero tradicional es significativamente menor con respecto a los otros cuatro viveros (Fig. 18, tabla 9).

El vivero con inundación alta tiene un crecimiento de dos a 3.3 veces más con respecto al vivero con inundación media, baja y de riego. Un crecimiento de 3.8 veces más que el vivero tradicional. Mientras que el vivero de inundación media, baja y de riego tiene una producción de ramas de 1.1 a 1.8 veces más que el vivero tradicional. En todos los viveros se tuvo un crecimiento significativo.

Tabla 9. Análisis de regresión ( $y = mx + b$ ) para las ramas en plantas de *L. racemosa*.

Tipos de vivero	m (ramas mes <sup>-1</sup> )	Significancia de m	b (ramas)	R <sup>2</sup>
Inundación alta	0.6 <sup>a</sup>	S	1.26	0.95
Inundación media	0.2 <sup>b</sup>	S	1.71	0.88
Inundación baja	0.2 <sup>b</sup>	S	2.05	0.92
Vivero de riego	0.3 <sup>b</sup>	S	1.60	0.84
Vivero tradicional	0.1 <sup>c</sup>	S	0.93	0.95

S = Significativo. Letras diferentes muestran diferencias significativas entre los viveros.



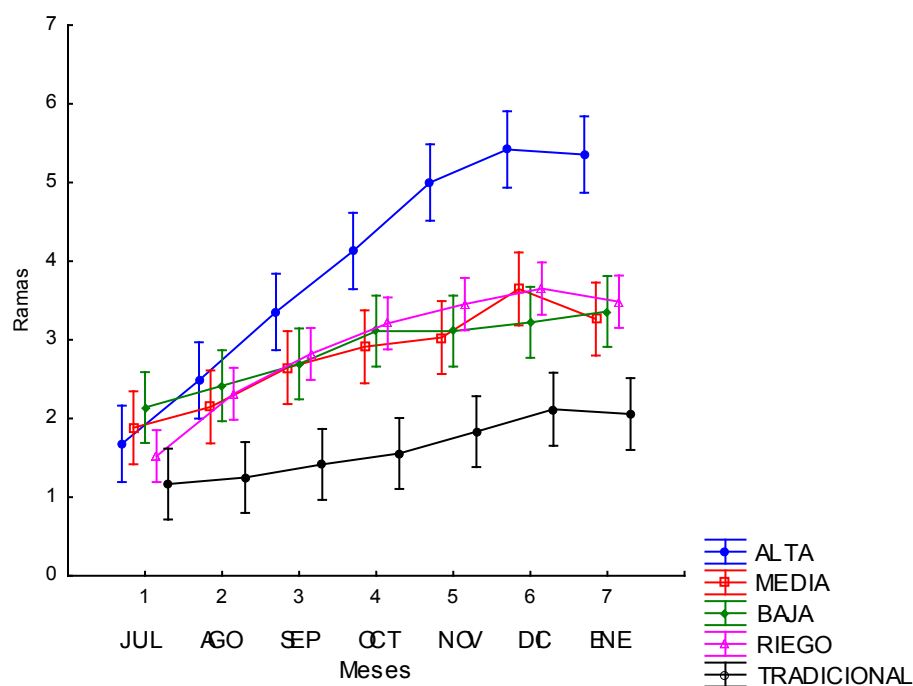


Figura 18. Número de ramas en *L. racemosa* durante siete meses.

***R. mangle.*** Esta especie es la que menor número de ramas presentó, para final del estudio en el vivero con inundación alta con un promedio de  $1.5 \pm 0.5$  ramas, en el vivero con inundación media solo tres individuos de los 36 contaban con ramas, mientras en el vivero con inundación baja con un promedio de  $0.5 \pm 0.3$  ramas, los individuos del vivero de riego solo tres plantas presentaban ramas, mientras que en el vivero tradicional solo había tres plantas con una rama. Únicamente en el vivero con inundación alta se tiene un crecimiento significativo en cuanto a la producción de ramas, no se encontraron diferencias significativas entre el vivero de inundación alta y baja, por este motivo solo se presenta el análisis de regresión de estos dos viveros ya que en los demás la presencia de ramas fue poca (tabla 10).

Tabla 10. Análisis de regresión ( $y = mx + b$ ) para el número de ramas en *R. mangle*.

Tipos de vivero	m (ramas mes <sup>-1</sup> )	b (ramas)	R <sup>2</sup>	Significancia de m
Inundación alta	0.26 <sup>a</sup>	-0.44	0.93	S
Inundación baja	0.08 <sup>a</sup>	-0.06	0.89	NS

Letras iguales indican diferencias no significativas ( $p > 0.05$ ) entre los viveros.

**A. germinans.** Para enero de 2013 el vivero con inundación alta presentaba en promedio  $2.3 \pm 0.7$  ramas, en el vivero de inundación media  $1.6 \pm 0.5$  ramas, el vivero con inundación baja tiene  $1.2 \pm 0.6$  ramas en promedio, en el vivero con riego solo cuatro de los 29 mangles tenían ramas. Se tuvo una pendiente significativa en los viveros con inundación (tabla 11).

Tabla 11. Análisis de regresión ( $y = mx + b$ ) para el número de ramas en *A. germinans*.

Tipos de vivero	m (ramas mes <sup>-1</sup> )	b (ramas)	R <sup>2</sup>	Significancia de m
Inundación alta	0.26 <sup>a</sup>	-0.42	0.92	S
Inundación media	0.02 <sup>a</sup>	-0.12	0.84	S
Inundación baja	0.08 <sup>a</sup>	0.06	0.62	S

Letras iguales indican diferencias no significativas ( $p > 0.05$ ) entre los viveros.

#### 8.2.5. Número de hojas

**L. racemosa.** El análisis de varianza indica diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) en el número de hojas en el vivero de inundación alta con respecto a los otros cuatro viveros, el vivero con inundación alta tuvo una producción de hojas de 1.5 a 2.4 veces más que los viveros con inundación media, baja y riego. El vivero tradicional tiene diferencias significativas con respecto a los otros cuatro viveros (Fig. 19, tabla 12), sin embargo en el tradicional la pendiente no fue significativa, lo que indica que no se tiene producción de hojas y por lo tanto no se hicieron comparaciones del crecimiento en relación a este vivero.

Las hojas de esta especie tienen un peso promedio de 0.2 g peso seco (PS). La producción primaria foliar es de  $41.4 \text{ g PS m}^{-2} \text{ año}^{-1}$  en el vivero con inundación alta, de  $16.9 \text{ g PS m}^{-2} \text{ año}^{-1}$  en el vivero con inundación media, de  $28 \text{ g PS m}^{-2} \text{ año}^{-1}$  en el vivero con inundación baja, de  $34 \text{ g PS m}^{-2} \text{ año}^{-1}$  en el vivero con riego y de  $23 \text{ g PS m}^{-2} \text{ año}^{-1}$  en el vivero con riego tradicional.

Tabla 12. Análisis de regresión ( $y = mx + b$ ) para producción de hojas en *L. racemosa*

Tipos de vivero	m (hojas mes <sup>-1</sup> )	b (hojas)	R <sup>2</sup>	Significancia de m	TPF	PPF
Inundación alta	5.7 <sup>a</sup>	18.6	0.95	S	1.15	3.45
Inundación media	2.3 <sup>b</sup>	28.2	0.56	S	0.47	1.41
Inundación baja	3.8 <sup>b</sup>	26.3	0.78	S	0.78	2.34
Vivero de riego	3.5 <sup>b</sup>	22.1	0.90	S	0.71	2.84
Vivero tradicional	0.3 <sup>c</sup>	20.9	0.19	NS	0.06	1.92

Letras diferentes muestran diferencias significativas entre los viveros. S= significativo. NS= no significativo. TPF= tasa de producción foliar (g PS mes<sup>-1</sup>) PPF= producción primaria foliar (g PS m<sup>2</sup> mes<sup>-1</sup>)

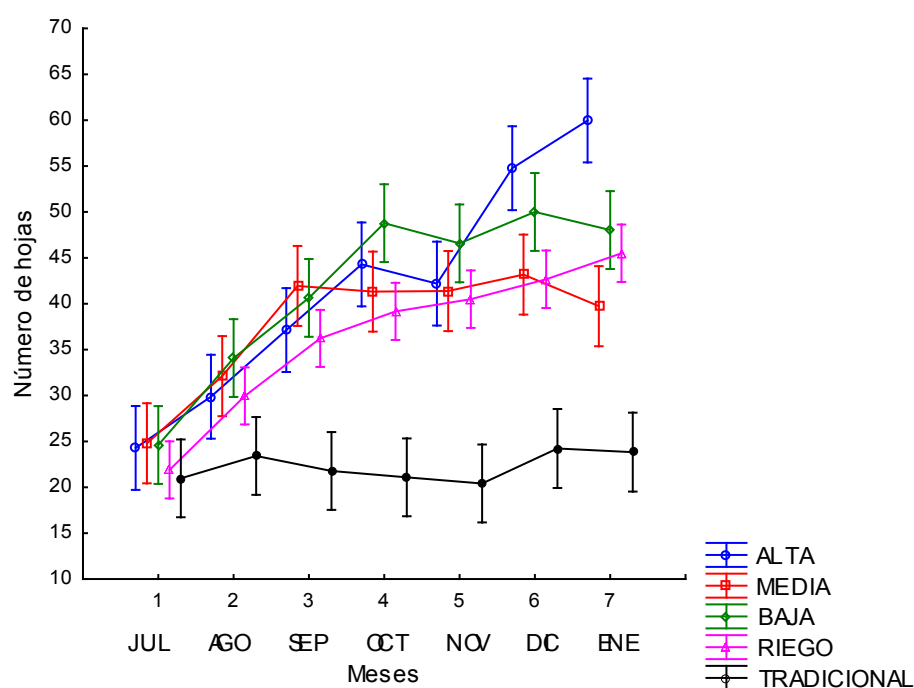


Figura 19. Número de hojas de *L. racemosa* durante siete meses.

**R. mangle.** Hay diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) en el número de hojas en el vivero de inundación alta con respecto al vivero de inundación media, baja y el vivero de riego (Fig. 20, tabla 13). El análisis de pendientes indica que hay diferencia significativa en la producción de hojas en el vivero con inundación alta de 4.5 veces más que el vivero tradicional, así como de 4.5 veces más en el vivero tradicional con respecto al vivero de inundación baja.

Tabla 13. Análisis de regresión ( $y = mx + b$ ) para la producción de hojas en *R. mangle*.

Tipos de vivero	m (hojas m es <sup>-1</sup> )	Significancia de m	b (hojas)	R <sup>2</sup>	TPF	PPF
Inundación alta	0.41 <sup>a</sup>	S	5.92	0.837	0.132	0.39
Inundación media	-0.05 <sup>b</sup>	NS	7.26	0.068	-0.017	-0.05
Inundación baja	0.02 <sup>b</sup>	NS	7.36	0.086	0.007	0.02
Vivero de riego	-0.02 <sup>b</sup>	NS	6.25	0.018	-0.006	-0.02
Vivero tradicional	0.09 <sup>ab</sup>	S	5.73	0.193	0.029	0.92

Letras diferentes muestran diferencias significativas entre los viveros. S=Significativo. NS= No significativo. TPF= tasa de producción foliar (g PS mes<sup>-1</sup>) PPF= producción primaria foliar (g PS m<sup>2</sup> mes<sup>-1</sup>)

Las hojas de esta especie tenían un peso promedio de 0.32 g PS (peso seco). La producción primaria foliar anual es de 4.75 g PS m<sup>2</sup> año<sup>-1</sup> en el vivero con inundación alta, de 0.25 g PS m<sup>2</sup> año<sup>-1</sup> en el vivero con inundación baja, y de 11.13 g PS m<sup>2</sup> año<sup>-1</sup> en el vivero con riego tradicional. Sin embargo se tuvo una pérdida de producción foliar de 0.61 g PS m<sup>2</sup> año<sup>-1</sup> en el vivero con inundación media y de 0.28 g PS m<sup>2</sup> año<sup>-1</sup> en el vivero con riego.

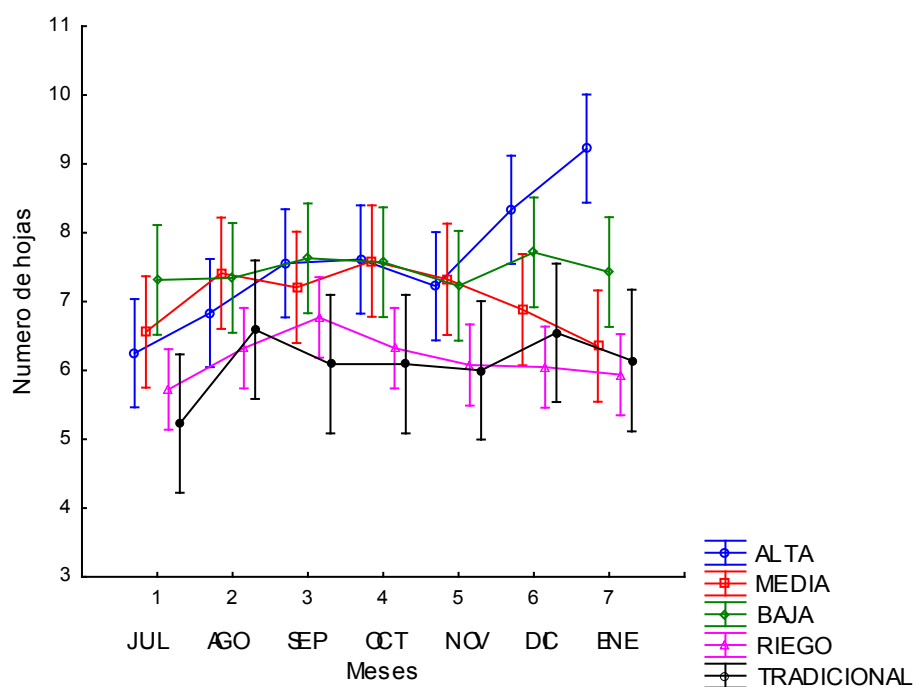


Figura 20. Número de hojas de *R. mangle* durante siete meses.

**A. germinans.** Con base al análisis de varianza se encontraron diferencias significativas en la producción de hojas en el vivero de inundación alta con respecto al vivero con inundación baja y el vivero de riego. El análisis de varianza y de pendientes indica una diferencia significativa en los viveros con inundación con respecto al vivero de riego (Fig. 21, tabla 14).

La producción de hojas en el vivero de inundación alta y media es 3.4 veces más que el vivero de inundación baja y 19.5 veces más que el de riego, el de inundación baja de 5.6 veces más que el vivero de riego. Las hojas de esta especie tenían un peso promedio de 0.06 g PS (peso seco).

Tabla 14. Análisis de regresión ( $y = mx + b$ ) para la producción de hojas en *A. germinans*.

Tipos de vivero	m (hojas mes <sup>-1</sup> )	b (hojas)	R <sup>2</sup>	Significancia de m	TPF	PPF
Inundación alta	1.00 <sup>a</sup>	5.15	0.47	S	0.06	0.18
Inundación media	0.99 <sup>b</sup>	7.95	0.89	S	0.05	0.15
Inundación baja	0.28 <sup>b</sup>	10.32	0.07	S	0.01	0.03
Vivero de riego	0.05 <sup>c</sup>	6.23	0.05	NS	0.03	0.06

Letras diferentes muestran diferencias significativas entre los viveros. TPF= tasa de producción foliar (g PS mes<sup>-1</sup>) PPF= producción primaria foliar (g PS m<sup>2</sup> mes<sup>-1</sup>)

La producción primaria foliar anual es de 2.16 g PS m<sup>2</sup> año<sup>-1</sup> en el vivero con inundación alta, de 1.8 g PS m<sup>2</sup> año<sup>-1</sup> en el vivero con inundación media, de 0.36 g PS m<sup>2</sup> año<sup>-1</sup> en el vivero con inundación baja y de 0.72 g PS m<sup>2</sup> año<sup>-1</sup> en el vivero con riego.

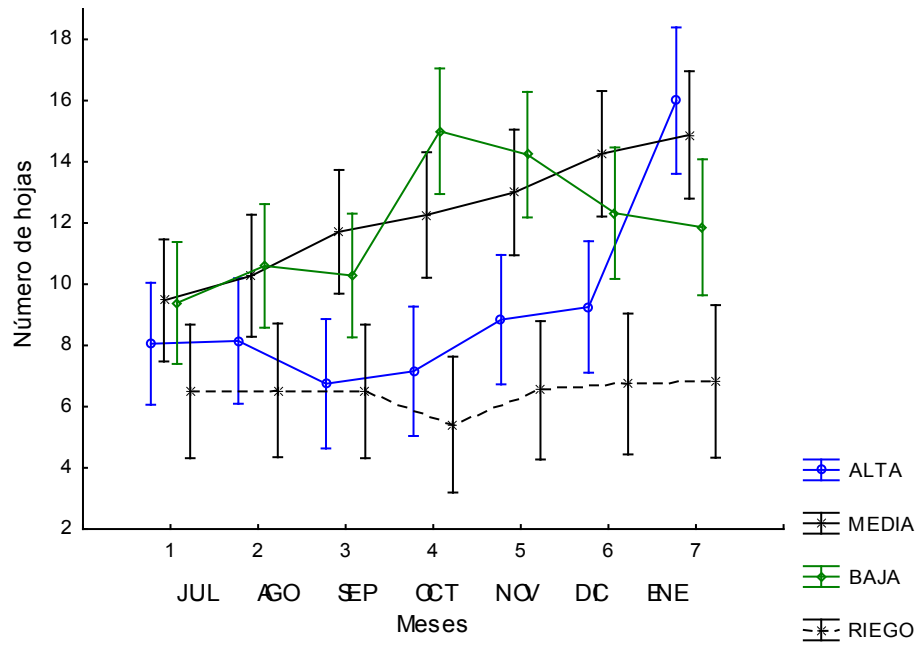


Figura 21. Producción en hojas de *A. germinans* durante siete meses.

### 8.2.6. Crecimiento de las tres especies en cada vivero (tres viveros de inundación y dos de riego)

Se comparó el crecimiento de las tres especies para cada uno de los parámetros biológicos medidos en donde la pendiente fue significativa, cuando la pendiente no fue significativa indica que en esos casos no existió un crecimiento.

**Vivero con inundación alta.** En la altura y ramas la especie *L. racemosa* tiene un crecimiento significativamente mayor que *R. mangle* y *A. germinans*, mientras que no se encontró diferencia significativa en el crecimiento de *R. mangle* con respecto a *A. germinans*. En el diámetro y hojas se encontraron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) entre las tres especies (Fig. 22; tabla 15).

Tabla 15. Comparación del crecimiento en vivero con inundación alta.

Parámetro biológico	Especie	Crecimiento m	Comparaciones del crecimiento			
Altura cm mes <sup>-1</sup>	<i>Lr</i>	1.4 <sup>a</sup>	Lr. > Rm.			
	<i>Rm</i>	0.5 <sup>b</sup>	Lr. > Ag.	Lr	2.8 a 3.5 veces más	Rm y Ag
	<i>Ag</i>	0.4 <sup>+b</sup>	Ag. = Rm.			
Diámetro mm mes <sup>-1</sup>	<i>Lr</i>	0.99 <sup>a</sup>	Lr. > Rm.	Lr		
	<i>Rm</i>	0.13 <sup>b</sup>	Lr. > Ag.	Lr	3.6 veces más	Ag
	<i>Ag</i>	0.27 <sup>c</sup>	Ag. > Rm.	Ag	2 veces más	Rm
Ramas ramas mes <sup>-1</sup>	<i>Lr</i>	0.6 <sup>a</sup>	Lr. > Rm.			
	<i>Rm</i>	0.2 <sup>b</sup>	Lr. > Ag.	Lr	2 a 3 veces más	Rm y Ag.
	<i>Ag</i>	0.3 <sup>b</sup>	Ag. = Rm.			
Hojas hojas mes <sup>-1</sup>	<i>Lr</i>	5.7 <sup>a</sup>	Lr. > Rm.	Lr		
	<i>Rm</i>	0.4 <sup>b</sup>	Lr. > Ag.	Lr	5.7 veces más	Ag
	<i>Ag</i>	1.0 <sup>c</sup>	Ag. > Rm.	Ag	2.5 veces más	Rm

<sup>+</sup> = Pendiente no significativa. Letras diferentes muestran diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) entre especies por parámetro biológico. *Lr* = *L. racemosa*, *Rm* = *R. mangle*, *Ag* = *A. germinans*.

**Vivero con inundación media.** En la altura y diámetro, la especie *L. racemosa* tiene un crecimiento mayor que *R. mangle* y *A. germinans*. En las ramas no se encontró diferencia significativa de *L. racemosa* con respecto a *A. germinans* con 0.02 a 0.2 ramas mes<sup>-1</sup>, para *R. mangle* solo tres individuos de las 36 tenían ramas. En hojas se encontraron diferencias significativas entre las tres especies, sin embargo *R. mangle* presentó una pendiente negativa lo que indica defoliación.

Tabla 16. Comparación del crecimiento en vivero con inundación media.

Parámetro biológico	Especie	Crecimiento m	Comparaciones del crecimiento			
Altura cm mes <sup>-1</sup>	<i>Lr</i>	1.6 <sup>a</sup>	Lr > Rm	Lr	3.2 a 5.3 veces más	Rm y Ag
	<i>Rm</i>	0.3 <sup>+b</sup>	Lr > Ag			
	<i>Ag</i>	0.5 <sup>+b</sup>	Ag = Rm			
Diámetro mm mes <sup>-1</sup>	<i>Lr</i>	0.63 <sup>a</sup>	Lr > Rm	Lr	5.7 a 10.5 veces más	Rm. y Ag.
	<i>Rm</i>	0.06 <sup>b</sup>	Lr > Ag			
	<i>Ag</i>	0.11 <sup>b</sup>	Ag = Rm			
Hojas hojas mes <sup>-1</sup>	<i>Lr</i>	2.3 <sup>a</sup>	Lr > Rm	Lr	2.5 veces más	Ag
	<i>Ag</i>	0.9 <sup>b</sup>	Lr > Ag			
	<i>Rm</i>	-0.05 <sup>+c</sup>	Ag > Rm			

<sup>+</sup> = pendiente no significativa. Letras diferentes muestran diferencias significativas entre las especies para cada parámetro biológico. *Lr* = *L. racemosa*, *Rm* = *R. mangle*, *Ag* = *A. germinans*.

**Vivero con inundación baja.** En altura, la especie *L. racemosa* tiene un crecimiento mayor que *R. mangle* y *A. germinans*, no se encontró diferencia significativa en el crecimiento de *R. mangle* con respecto a *A. germinans*. En diámetro y hojas se encontraron diferencias significativas entre las tres especies. Mientras que en ramas el crecimiento fue de 0.1 a 0.2 ramas mes<sup>-1</sup> en *L. racemosa* y *A. germinans*.

Tabla 17. Comparación del crecimiento en el vivero con inundación baja.

Parámetro biológico	Especie	Crecimiento m	Comparaciones del crecimiento			
Altura cm mes <sup>-1</sup>	<i>Lr</i>	1.8 <sup>a</sup>	Lr > Rm	Lr	5.4 a 5.8 veces más	Rm y Ag
	<i>Rm</i>	0.3 <sup>+b</sup>	Lr > Ag			
	<i>Ag</i>	0.3 <sup>+b</sup>	Ag = Rm			
Diámetro mm mes <sup>-1</sup>	<i>Lr</i>	0.61 <sup>a</sup>	Lr > Rm	Lr	10.1 veces más	Rm
	<i>Rm</i>	0.06 <sup>b</sup>	Lr > Ag	Lr	4 veces más	Ag
	<i>Ag</i>	0.15 <sup>c</sup>	Ag > Rm	Ag	2.5 veces más	Rm
Hojas hojas mes <sup>-1</sup>	<i>Lr</i>	3.8 <sup>a</sup>	Lr > Rm	Lr	13.5 veces más	Ag
	<i>Rm</i>	0.02 <sup>+b</sup>	Lr > Ag	Ag	10 veces más	Rm
	<i>Ag</i>	0.28 <sup>c</sup>	Ag > Rm			

<sup>+</sup> = pendiente no significativa. Letras diferentes muestran diferencias significativas entre las especies para cada parámetro biológico. *Lr* = *L. racemosa*, *Rm* = *R. mangle*, *Ag* = *A. germinans*.

**Vivero con riego.** En altura y diámetro *L. racemosa* tiene un crecimiento mayor que *R. mangle* y *A. germinans*. Para ramas y hojas solo en *L. racemosa* el crecimiento fue significativo con 0.3 ramas mes<sup>-1</sup> y 3.5 hojas mes<sup>-1</sup>.



Tabla 18. Comparación del crecimiento de las especies en el vivero con riego

Parámetro biológico	Especie	Crecimiento m	Comparaciones del crecimiento			
Altura cm mes <sup>-1</sup>	<i>L r.</i>	1.5 <sup>a</sup>	Lr > Rm			
	<i>R m.</i>	0.3 <sup>b</sup>	Lr > Ag	Lr.	5 veces más	Rm y
	<i>A g.</i>	0.3 <sup>+b</sup>	Ag = Rm			
Diámetro mm mes <sup>-1</sup>	<i>L r.</i>	0.48 <sup>a</sup>	Lr > Rm			
	<i>R m.</i>	0.07 <sup>b</sup>	Lr > Ag	Lr.	6.8 veces más	Rm y
	<i>A g.</i>	0.07 <sup>b</sup>	Ag = Rm			

<sup>+</sup> = pendiente no significativa. Letras diferentes muestran diferencias significativas entre las especies para cada parámetro biológico. *Lr* = *L. racemosa*, *Rm* = *R. mangle*, *Ag* = *A. germinans*.

**Vivero tradicional.** Solo en las ramas fue mayor el crecimiento de *L. racemosa* con 0.1 ramas mes<sup>-1</sup> con respecto a *R. mangle*. Para altura y diámetro *R. mangle* no tuvo un crecimiento significativo, sin embargo no se encontraron diferencias significativas entre *L. racemosa* y *R. mangle*. En hojas la especie *L. racemosa* no presentó un crecimiento significativo.

#### 8.2.7. Crecimiento con respecto a su ubicación

Para determinar si las diferencias en el crecimiento está influenciado por la densidad de individuos en los viveros se comparó el crecimiento de los individuos del centro con respecto a los individuos de la orilla, las plantas de las tres especies no mostraron diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) en el crecimiento para ningún parámetro biológico medido (altura, diámetro, ramas y hojas).

Tabla 19. Análisis de varianza comparando el crecimiento de las plantas de la orilla con las plantas del centro.

Especie	Parametro	p	Resultado del ANOVA	
<i>L. racemosa</i>	Altura	0.99	NS	Orilla = Centro
	Diámetro	0.87	NS	Orilla = Centro
	Ramas	0.99	NS	Orilla = Centro
	Hojas	0.62	NS	Orilla = Centro
<i>R. mangle</i>	Altura	1.00	NS	Orilla = Centro
	Diámetro	0.79	NS	Orilla = Centro
	Ramas	0.88	NS	Orilla = Centro
	Hojas	0.36	NS	Orilla = Centro
<i>A. germinans</i>	Altura	0.99	NS	Orilla = Centro
	Diámetro	0.99	NS	Orilla = Centro
	Ramas	0.74	NS	Orilla = Centro
	Hojas	0.19	NS	Orilla = Centro

### 8.2.8. Crecimiento con respecto a la ordenada al origen (b)

Para determinar si las diferencias en el crecimiento estaba influenciado por el tamaño inicial de p lantación de Junio se se pararon e n d os g rupos, encontrándose q ue p ara todos l os v iveros y e n l as t res es pecies no s e encontraron diferencias significativas en el crecimiento de las plantas del grupo uno con respecto al crecimiento de las plantas del grupo dos.

Tabla 20. Análisis de varianza del crecimiento según la intersección al aje (b)

Especie	Parametro	p	Resultado del ANOVA	
<i>L. racemosa</i>	Altura	0.28	NS	Grupo 1 = Grupo 2
	Diametro	0.99	NS	Grupo 1 = Grupo 2
	Ramas	0.97	NS	Grupo 1 = Grupo 2
	Hojas	0.98	NS	Grupo 1 = Grupo 2
<i>R. mangle</i>	Altura	1.00	NS	Grupo 1 = Grupo 2
	Diametro	0.99	NS	Grupo 1 = Grupo 2
	Ramas	0.99	NS	Grupo 1 = Grupo 2
	Hojas	0.93	NS	Grupo 1 = Grupo 2
<i>A.germinans</i>	Altura	0.93	NS	Grupo 1 = Grupo 2
	Diametro	0.39	NS	Grupo 1 = Grupo 2
	Ramas	0.53	NS	Grupo 1 = Grupo 2
	Hojas	0.99	NS	Grupo 1 = Grupo 2

En la especie *L. racemosa* el grupo uno tenia una altura inicial (b) de 16.9 a 17.2 cm y para el grupo dos de 18.8 a 21.7 cm. El crecimiento fue significativo en los cuatro parametros medidos en los viveros con inundación y el vivero de riego. E n el v ivero t radicional el crecimiento f ue significativo par a l os d os grupos en el diámetro y solo en el grupo uno para altura y ramas.

Tabla 21. Crecimiento de las plantas de *L. racemosa* en los dos grupos

Vivero	m (cm mes <sup>-1</sup> )		b (cm)		R <sup>2</sup>		Significancia de m	
	G 1	G 2	G 1	G 2	G 1	G 2	G 1	G 2
VIA	1.7	1.2	17.2	20.6	0.95	0.99	S	S
VIM	1.4	1.7	17.1	18.8	0.91	0.95	S	S
VIB	1.9	1.6	13.5	19.8	0.96	0.76	S	S
VRP	1.3	1.6	16.9	21.7	0.93	0.95	S	S
VRT	0.6	0.2	17.2	20.4	0.87	0.19	S	NS

### Diámetro

Vivero	m (mm mes <sup>-1</sup> )		b (mm)		R <sup>2</sup>		Significancia de m	
	G 1	G 2	G 1	G 2	G 1	G 2	G 1	G 2
VIA	1.00	0.98	4.69	5.12	0.95	0.96	S	S
VIM	0.63	0.63	3.98	4.44	0.98	0.98	S	S
VIB	0.60	0.65	3.98	4.17	0.98	0.97	S	S
VRP	0.40	0.51	4.03	4.47	0.95	0.97	S	S
VRT	0.20	0.19	4.45	4.47	0.81	0.84	S	S

### Ramas

Vivero	m (ramas mes <sup>-1</sup> )		b (ramas)		R <sup>2</sup>		Significancia de m	
	G 1	G 2	G 1	G 2	G 1	G 2	G 1	G 2
VIA	0.6	0.6	1.2	1.2	0.91	0.95	S	S
VIM	0.1	0.3	1.6	1.7	0.90	0.81	S	S
VIB	0.1	0.3	2.2	1.5	0.88	0.89	S	S
VRP	0.2	0.3	1.4	1.6	0.78	0.85	S	S
VRT	0.1	0.2	1.05	0.44	0.93	0.73	S	NS

### Hojas

Vivero	m (hojas mes <sup>-1</sup> )		b (hojas)		R <sup>2</sup>		Significancia de m	
	G1	G2	G1	G2	G1	G2	G1	G2
VIA	5.6	5.6	20.7	18.73	0.96	0.95	S	S
VIM	1.7	2.9	28.9	27.89	0.35	0.73	S	S
VIB	3.4	4.7	27.1	24.6	0.75	0.81	S	S
VRP	1.8	4.2	21.3	22.6	0.73	0.92	S	S
VRT	0.27	0.5	21.4	19	0.16	0.25	NS	NS

G1= grupo 1 G2= grupo 2

Para la especie *R. mangle* el grupo uno fue de 7.3 a 8.4 cm y para el grupo dos de 10.6 a 15.4 cm.

Tabla 22. Crecimiento de las plantas de *R. mangle* en los dos grupos

### Altura

Vivero	m (cm mes <sup>-1</sup> )		b (cm)		R <sup>2</sup>		Significancia de m	
	G 1	G 2	G 1	G 2	G 1	G 2	G 1	G 2
VIA	0.7	0.5	8.4	13.8	0.87	0.92	NS	S
VIM	0.2	0.3	7.9	14.0	0.87	0.87	NS	NS
VIB	0.4	0.2	7.9	15.4	0.89	0.57	NS	NS
VRP	0.4	0.3	7.6	14.7	0.82	0.91	S	S
VRT	0.4	0.2	7.3	10.6	0.98	0.76	NS	NS

### Diámetro

Vivero	m (mm mes <sup>-1</sup> )		b (mm)		R <sup>2</sup>		Significancia de m	
	G 1	G 2	G 1	G 2	G 1	G 2	G 1	G 2
VIA	0.19	0.12	4.27	5.07	0.63	0.62	S	S
VIM	0.07	0.06	5.04	5.23	0.78	0.83	NS	NS
VIB	0.04	0.07	5.12	5.23	0.24	0.69	NS	NS
VRP	0.04	0.09	4.71	4.90	0.50	0.87	NS	NS
VRT	0.06	0.08	3.86	4.04	0.66	0.73	NS	NS

### Hojas

Vivero	m (hojas mes <sup>-1</sup> )		b (hojas)		R <sup>2</sup>		Significancia de m	
	G1	G2	G1	G2	G1	G2	G1	G2
VIA	0.45	0.41	5.76	5.93	0.72	0.83	NS	S
VIB	0.09	0.40	5.60	4.68	0.22	0.91	NS	NS
VRT	0.39	-0.05	2.90	6.53	0.95	0.02	NS	NS

G1= grupo 1 G2= Grupo 2

La especie *A. germinans* presento para el grupo uno de 5.2 a 7.3 cm y para el grupo dos de 11.45 a 15.66 cm.

Tabla 23. Crecimiento de las plantas de *A. germinans* en los dos grupos

### Altura

Vivero	m (cm mes <sup>-1</sup> )		b (cm)		R <sup>2</sup>		Significancia de m	
	G 1	G 2	G 1	G 2	G 1	G 2	G 1	G 2
VIA	0.3	0.2	7.3	15.6	0.47	0.68	NS	NS
VIM	0.1	0.2	6.4	12.4	0.13	0.16	NS	NS
VIB	0.1	0.2	6.6	12.4	0.18	0.79	NS	NS
VRP	0.2	0.1	5.2	11.4	0.91	0.22	NS	NS

### Diámetro

Vivero	m (mm mes <sup>-1</sup> )		b (mm)		R <sup>2</sup>		Significancia de m	
	G 1	G 2	G 1	G 2	G 1	G 2	G 1	G 2
VIA	0.16	0.33	3.67	4.12	0.58	0.74	S	S
VIM	0.02	0.16	4.02	4.09	0.02	0.56	NS	S
VIB	0.20	0.13	2.82	3.85	0.69	0.47	S	S
VRP	0.07	0.023	3.04	4.93	0.53	0.04	NS	NS

### Hojas

Vivero	m (hojas mes <sup>-1</sup> )		b (hojas)		R <sup>2</sup>		Significancia de m	
	G1	G2	G1	G2	G1	G2	G1	G2
VIA	0.8	1.1	5.6	5.8	0.39	0.51	NS	S
VIM	0.4	1.1	9.3	8.2	0.52	0.96	NS	NS

G1= grupo 1 G2= grupo 2

### 8.3. Costos de construcción y mantenimiento de cada uno de los viveros

Los costos de cada uno de los materiales usados en la construcción de los viveros se detallan en el anexo 3. El costo total de cada vivero con inundación alta, inundación media e inundación baja fue de \$8,841.97, en cada uno se produjeron 108 individuos de mangle, por lo tanto el costo de producción por planta es de \$81.87. El costo de construcción del vivero con riego fue de \$5,768.46, en este vivero se produjeron 174 individuos de mangle, siendo el costo de producción por planta de \$33.14. El costo de construcción del vivero tradicional fue de \$3,340.29, en este vivero se produjeron 267 individuos de mangle (72 del experimento y 195 para forestación), siendo el costo de producción por planta de \$12.51 (tabla 24).

Tabla 24. Costos de construcción y operación de cada uno de los viveros

Actividad	concepto	Costo \$ en cada vivero		
		VIA,VIM y VIB	VRP	VRT
Construcción de los viveros	Construcción de estanques	1555.41	221.25	---
	Transporte a la isla	199.99	247.00	247.00
	Poner malla sombra y divisiones	520.95	520.95	520.95
	Poner costales con arena	42.00	42.00	42.00
	Instalación de tinacos	1419.37	709.68	709.68
Plantación de los mangles los cinco viveros	Poner aluvión con abono en estanque	974.75	974.75	-----
	Traslado de las plantas a la isla	140.00	140.00	140.00
	Transporte a la isla	263.50	253.50	38.00
Mantenimiento de los viveros con inundación y riego	Transporte a la isla para medición de plantas y riego	576.00	576.00	576.00
	Manejo y vigilancia	2800.00	1850.00	950.00
	Pago de agua	350.00	233.33	116.66
Total		8,841.97	5,768.46	3,340.29

## 8.4. Calidad de la planta

### 8.4.1. Especie *L. racemosa*

Al final del experimento las plantas tenían una edad de 15 meses. La longitud de la raíz en la especie *L. racemosa* fue de  $45.5 \pm 4.9$  cm en el vivero de inundación alta, de  $46.6 \pm 12.3$  cm en el vivero con inundación media, de  $41.8 \pm 7.5$  cm en el vivero con inundación baja, de  $48 \pm 5.6$  cm en el vivero con riego y de  $35.1 \pm 7.3$  cm en el vivero tradicional. No se encontraron diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) en la longitud de la raíz entre los viveros (anexo 4A).

En producción de biomasa seca aérea en el vivero con inundación alta fue de 12.6 g/planta, de 15.1 g/planta en el vivero con inundación media, de 14.2 g/planta en el vivero de inundación baja, de 6.4 g/planta en el vivero de riego y de 3.7 g/planta en el vivero tradicional. En cuanto a la producción de biomasa seca de la raíz, en el vivero con inundación alta fue de 10.5 g/planta, de 9.1 g/planta en el vivero con inundación media, de 7.1 g/planta en el vivero de inundación baja, de 6.3 g/planta en el vivero de riego y de 4.7 g/planta en el vivero tradicional.

Tabla 25. Valores de calidad de la planta en Enero 2013 para la especie *L. racemosa*.

Vivero	Altura cm	diámetro mm	IE (cm/mm)	Índice de lignificación	Relación PA:LR	Relación BSA/ BSR	ÍCD	Calidad
Alta	29.1	11.59	2.51	$29.0 \pm 0.78$	0.64:1	1.2	1.74	Alta
Media	28.9	8.46	3.41	$35 \pm 3.06$	0.61:1	1.7	1.90	Alta
Baja	28.0	8.27	3.39	$33.6 \pm 1.87$	0.67:1	2.0	2.01	Alta
Riego	30.1	7.76	3.89	$37.5 \pm 3.46$	0.62:1	1.0	1.24	Alta
Tradi.	21.4	5.79	3.69	$31.7 \pm 2.45$	0.60:1	0.8	1.00	Alta

BSA/BSR = biomasa seca aérea/biomasa seca raíz, PA:LR= parte aérea: longitud de la raíz, ÍCD= Índice de Calidad de Dickson, IE= Índice de esbeltez.

#### 8.4.2. Especie *R. mangle*

La altura de esta especie para el vivero con inundación alta fue de  $17.1 \pm 1.2$  cm, en el vivero con inundación media fue de  $14.9 \pm 1.4$  cm, en el vivero con inundación baja de  $15.6 \pm 1.5$  cm. En el vivero de riego se obtuvo un valor promedio de  $13.7 \pm 1$  cm, mientras que el vivero tradicional tiene un valor de  $10.5 \pm 1.3$  cm, con estos valores de altura se calculó el índice de esbeltez.

En promedio el hipocotilo de esta especie tiene 20 cm de longitud, lo que resulta la parte aérea de 37.1 cm en el vivero con inundación alta, en el vivero con inundación media de 34.9 cm, en el vivero con inundación baja de 35.6 cm, en el vivero con riego de 33.7 cm y por último en el vivero tradicional se tenía 30.5 cm (anexo 4B). Para esta especie el valor de la parte aérea se tomó en cuenta en lugar de la altura medida para determinar el valor de calidad recomendado por la CONAFOR, 2010 y en Saenz *et al.*, 2010.

Las plantas de *R. mangle* tenían una longitud de raíz principal de  $29.6 \pm 5.3$  cm en el vivero de inundación alta, de  $22.2 \pm 3.3$  cm en el vivero con inundación media, de  $27.3 \pm 3.2$  cm en el vivero con inundación baja, de  $13.6 \pm 2.5$  cm en el vivero con riego y de  $9.1 \pm 2.8$  cm en el vivero tradicional. La longitud de la raíz en los viveros con inundación es significativamente mayor ( $P < 0.05$ ) con respecto a los dos viveros de riego.

En producción de biomasa seca aérea en el vivero con inundación alta fue de 10.8 g/planta, de 13.1 g/planta en el vivero con inundación media, de 10.5 g/planta en el vivero de inundación baja, de 7.8 g/planta en el vivero de riego y de 7.2 g/planta en el vivero tradicional. En cuanto a la producción de biomasa seca de la raíz, en el vivero con inundación alta fue de 15.9 g/planta, de 10.7 g/planta en inundación media, de 8.5 g/planta inundación baja, de 5.4 g/planta en el vivero de riego y de 3 g/planta en el vivero tradicional.

Tabla 26. Valores de calidad de la planta en Enero 2013 para la especie *R. mangle*.

Vivero	Altura cm	diámetro mm	IE (cm/mm)	Índice de lignificación	Relación PA:LR	Relación BSA/ BSR	ÍCD	calidad
Alta	17.1	5.73	2.99	29.4 ± 1.04	1.25:1	0.8	1.41	Alta
Media	14.9	5.62	2.65	33.1 ± 2.57	1.56:1	1.2	1.77	Alta
Baja	15.6	5.61	2.79	29.7 ± 1.94	1.30:1	1.3	1.68	Alta
Riego	13.7	5.32	2.57	34.9 ± 3.08	2.46:1	1.6	1.67	Alta
Tradicional	10.5	4.35	2.42	36.8 ± 2.11	3.33:1	2.6	1.85	Media

BSA/BSR = biomasa seca aérea/biomasa seca raíz, PA: LR= parte aérea: longitud de la raíz, ICD= Índice de Calidad de Dickson, IE= Índice de esbeltez.

#### 8.4.3. Especie *A. germinans*

Se tiene una longitud de raíz principal de 30.08 ± 8.65 cm en el vivero de inundación alta, de 27.3 ± 4.7 cm en el vivero con inundación media, de 27.3 ± 2.9 cm en el vivero con inundación baja y de 12.6 ± 4.4 cm en el vivero con riego. Es significativamente mayor la longitud de la raíz de las plantas en los viveros de inundación (alta, media y baja) con respecto al vivero de riego (anexo 4C). En producción de biomasa seca aérea en el vivero con inundación alta fue de 1.4 g/planta, de 1.3 g/planta en el vivero con inundación media, de 1.2 g/planta en el vivero de inundación baja y de 0.4 g/planta en el vivero de riego. Para la producción de biomasa seca de la raíz, en el vivero con inundación alta fue de 1.3 g/planta, de 1.2 g/planta en el vivero con inundación media, de 1.0 g/planta en el vivero de inundación baja, y de 0.7 g/planta en el vivero de riego.

Tabla 27. Valores de calidad de la planta en Enero 2013 para la especie *A. germinans*.

Vivero	Altura cm	diámetro mm	IE (cm/mm)	Índice de lignificación	Relación PA:LR	Relación BSA/ BSR	ÍCD	calidad
Alta	12.7	5.35	2.34	32.4 ± 3.23	0.50:1	1.3 ± 0.44	0.75	Alta
Media	11.9	4.63	2.67	29.3 ± 2.90	0.47:1	1.2 ± 0.36	0.31	Alta
Baja	13.3	4.37	3.03	35.4 ± 4.21	0.50:1	1.2 ± 0.06	0.55	Alta
Riego	8.2	3.84	2.15	33.8 ± 5.79	0.57:1	1.2 ± 0.36	0.23	Media

BSA/BSR = biomasa seca aérea/biomasa seca raíz, PA:LR= parte aérea: longitud de la raíz, ICD= Índice de Calidad de Dickson, IE= Índice de esbeltez.



## 8.5. Análisis del sustrato

La tabla 28 muestra las propiedades químicas del sustrato en los tipos de vivero para Junio y Julio de 2012 (inicio de la etapa dos) comparadas con las propiedades químicas de cada vivero en el mes de Enero de 2013 (final de la etapa).

En cuanto a la textura del suelo, el sustrato predominante en los estanques antes de la plantación de las especies de mangle era arena con el 100%, al adicionarle los 10 cm de aluvión y sustrato comercial se tiene 75% de arena y 25% de limo. Para el mes de enero se tenían los viveros de inundación 85% de arena y 15% de limo, en el vivero de riego 77% de arena y 23% de limo. Las muestras analizadas presentan pH al rededor de lo neutro a ligeramente alcalino, la salinidad o conductividad eléctrica (CE) se considera muy baja, sin embargo en el vivero de inundación alta reporta concentraciones de cloruros (Cl) más alta que el resto de las muestras.

En la tabla 29 se muestran los nutrientes del sustrato de los viveros, se considera la fertilidad como aquellas sales que se están disponibles como nutrientes para las plantas (Benítez-Pardo, 2007).

Los resultados del análisis químico de suelo muestran variación en los porcentajes de materia orgánica (MO), la capa de arena de Junio de 2012 solo tiene 0.68% de MO, aumentando este valor a 4.99% de MO al ponerle la capa de aluvión más sustrato comercial. Al final del experimento se observaron los valores más altos en la muestra de inundación alta con 4.20%, seguido de vivero de riego con 2.72%; y los más bajos se reportan en el vivero de inundación baja con 1.58%. Los niveles de los elementos como nitrógeno en forma de nitratos (N-NO<sub>3</sub>) es variable siendo muy bajos en las muestras de arena junio 2012 (0.06 ppm), VRP con 11 ppm y los mayores niveles se tenían en sedimento de julio 2012 (261 ppm) y vivero de inundación media (121 ppm).

Tabla 28. Propiedades químicas del sustrato (salinidad del suelo) en los viveros.

Vivero	Fecha	pH	----- (Meq/L) -----										
			CE ds m <sup>-1</sup>	NO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>	CO <sub>3</sub>	HCO <sub>3</sub>	Cl	Na	K	Ca	Mg	RAS
Capa de arena	Jun/2012	7.18	0.34	0.87	0.12	0.0	1.50	1.14	0.67	0.32	2.09	0.91	0.54
Arena + capa fértil	Jul/2012	6.78	0.95	7.37	0.54	0.0	1.44	0.98	0.93	0.33	5.26	2.37	0.47
Alta	Ene/2013	7.08	1.16	2.68	0.87	0.0	1.96	6.00	1.39	0.32	7.31	2.04	0.64
Media	Ene/2013	7.09	0.83	2.79	0.55	0.0	2.20	2.80	1.17	0.33	4.51	1.70	0.66
Baja	Ene/2013	7.25	0.48	2.26	0.30	0.0	2.10	1.00	0.86	0.30	2.94	0.91	0.62
Riego	Ene/2013	7.39	0.47	0.77	0.32	0.0	2.28	1.18	2.17	0.34	0.92	0.50	2.58
Tradicional	Ene/2013	7.36	0.69	1.78	0.4	0.0	2.28	2.20	4.17	0.40	0.99	0.58	4.73
Referencia	Suelo agrícola	7.00	1 a 2	3 a 6	2 a 4	< 1	<3	<10	<5	0.5 a 1.0	5 a 10	2 a 4	<4

CE = Conductividad eléctrica, RAS = Relación de absorción de sodio

Tabla 29. Propiedades físicas y químicas (nutrientes) del sustrato de los viveros.

Nutrientes del suelo (ppm)

Tipo de vivero	Fecha	M.O %	% SAT	pH	CE	N-NO <sub>3</sub>	P-PO <sub>4</sub> Bray II	S	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Zn	Mn
Capa de arena	Jun/2012	0.68	25	6.87	0.34	0.06	8	32	62	9875	300	11.3	2.7	6.3	2.6
Arena + capa fértil	Jul/2012	4.99	31	6.49	0.95	261	7	43	67	8420	710	55.5	1.4	1.3	10.1
VIA	Ene/2013	4.20	32	6.88	1.16	76	2	52	71	11960	310	93.7	0.6	1.7	12.9
VIM	Ene/2013	2.49	30	6.79	0.83	121	10	44	67	11240	280	56.0	2.7	1.2	7.1
VIB	Ene/2013	1.58	30	6.94	0.48	57	18	30	82	8900	280	23.9	0.6	1.7	12.9
VRP	Ene/2013	2.72	28	7.03	0.47	11	8	42	117	3370	230	40.3	2.5	2.5	12.8
VRT	Ene/2013	2.27	29	7.11	0.69	62	79	55	185	1670	220	33.0	2.4	2.9	5.3
Referencia	Suelo agrícola	2.0		7.00	1 a 2	30	35	60	600	4500	600	6.0	1.0	1.5	8.0

## 8.6. Tercera etapa: forestación

Para la especie *L. racemosa*, las plantas provenientes de vivero mostraron mayor sobrevivencia y crecimiento para los dos estanques en comparación con las plantas provenientes de propagulos. Al comparar el crecimiento de las plantas en los dos estanques-laguna, en las plantas de provenientes de vivero se encontraron diferencias significativas en el crecimiento ( $P > 0.05$ ). Para la especie *R. mangle* las plantas de vivero mostraron la mayor sobrevivencia que las de propagulos. Encontrándose diferencias significativas en el crecimiento entre los dos estanques (tabla 30).

Tabla 30. Crecimiento en *L. racemosa* en los estanques-laguna

Especie	Procedencia de plantas	Estanque	No. de plantas	Sobrevivencia %	Crecimiento $\text{cm mes}^{-1}$
<i>L. racemosa</i>	vivero	Chico	49	74	1.56
	vivero	Grande	47	78	1.05
	Propágulos	Chico	57	19	0.47
	Propágulos	grande	112	37	0.43
<i>R. mangle</i>	vivero	Chico	11	73	0.45
	vivero	Grande	9	82	0.07
	Propágulos	Chico	74	58	0.29
	Propágulos	grande	140	57	0.70

## 9. DISCUSIÓN

### 9.1. Primera etapa: producción de mangles en el vivero del ICMYL

Las plantas provenientes de vivero tuvieron mayores sobrevivencias que los propágulos instalados en las plataformas, por ejemplo, para *L. racemosa* se tuvo un crecimiento de 1.5 cm mes<sup>-1</sup> en plantas provenientes de vivero comparado con 0.4 cm mes<sup>-1</sup> en plantas provenientes de propágulos, estando los dos bajo las mismas condiciones. Estos resultados concuerdan con Benítez-Pardo (2007) quien obtuvo un crecimiento de plantas de vivero en *R. mangle* de 1.25 cm mes<sup>-1</sup> y en *A. germinans* dos cm mes<sup>-1</sup> comparado con el crecimiento de las plantas en su medio natural que fue de 0.3 cm mes<sup>-1</sup> para *R. mangle* y de 0.5 cm mes<sup>-1</sup> para *A. germinans*.

### 9.2 Segunda etapa: sobrevivencia y crecimiento en cinco viveros

#### 9.2.1. Sobrevivencia

En este estudio, se observó una sobrevivencia superior al 94% en las especies de *L. racemosa* y *R. mangle*, en la especie *A. germinans* la menor sobrevivencia se tuvo en el vivero de inundación alta con el 69%, este vivero tenía una inundación media de cinco cm sobre el nivel del suelo, las plantas que declinaron tenían alturas inferiores a los seis cm con diámetros menores de 4.5 mm y estaban inundadas del 50 al 100% de su altura. Se ha informado por Febles-Patrón *et al.* (2009) y Monroy-Torres (2005) que la sobrevivencia de manglar en el medio natural está regulada por el nivel de inundación y el nivel de distribución de cada especie. En el caso de nuestros viveros la sobrevivencia está influenciada por el manejo. Con base a esto suponemos que la especie *L. racemosa* y *R. mangle* presentaron una mayor sobrevivencia porque estaban en un nivel de inundación apto, en cambio, *A. germinans* estaba en un nivel de inundación mayor al requerido para desarrollarse.

La sobrevivencia está relacionada con el diámetro de las plantas, una sobrevivencia alta (> 80%) se logra cuando las plantas tienen de 5 a 6 mm de diámetro (Mexal y Landis, 1990 en Saenz *et al.*, 2010). En *L. racemosa* y *R.*

*mangle* el diámetro fue mayor a los 5 mm. Las plantas de *A. germinans* con menos sobrevivencia presentaron diámetros inferiores a los 5 mm, por ejemplo, en el vivero de riego el diámetro fue de  $3.84 \pm 0.57$ , lográndose solamente el 77% de sobrevivencia.

Benítez-Pardo (2007) encontró una sobrevivencia del 66% en plantas de *A. germinans* de 17 meses de edad, con una altura de  $21.3 \pm 19$  cm y un diámetro de  $5.71 \pm 1.3$  mm, mientras que *R. mangle* tuvo una sobrevivencia del 32%, con una altura de 11.5 cm y diámetro de  $4.0 \pm 0.94$  mm. Por su parte Flebes-Patrón *et al.* (2007) reporta una sobrevivencia del 100% en propágulos de *R. mangle* instalados bajo sombra en comparación de 43 a 50 % de sobrevivencia en los propágulos expuestos a la luz.

#### 9.2.2. Crecimiento de las tres especies de mangle en los viveros

**Altura.** En la especie de mangle *L. racemosa* la pendiente fue significativa para todos los viveros, con un crecimiento de 1.4 a 1.8 cm mes<sup>-1</sup> en los viveros con inundación y el vivero de riego contra un crecimiento de 0.5 cm mes<sup>-1</sup> en el vivero tradicional. El mayor crecimiento de los mangles registrado en los viveros con inundación y de riego con respecto al vivero tradicional, correspondió a la forma en que fueron plantados en los primeros cuatro viveros, es decir, las plantas fueron colocadas con su bolsa de sustrato en el suelo arenoso con una capa de 10 cm de aluvión y sustrato comercial. Las aberturas en la parte lateral de las bolsas ayudó a que las raíces pudieran salir de esta y se extendieran en el suelo buscando nutrientes y el mejor anclaje a través de sus raíces. Las condiciones de inundación y riego no fueron determinantes para este parámetro, ya que el crecimiento en el vivero de riego fue similar a los viveros con inundación y diferente al vivero tradicional, a pesar de que el vivero de riego y tradicional tenían condiciones de riego iguales.

El crecimiento en *R. mangle* fue de 0.3 a 0.5 cm mes<sup>-1</sup>. En el vivero con inundación alta y riego el crecimiento fue significativo, atribuyéndose a que las plantas tenían disponibilidad de agua en un suelo saturado con respecto a los viveros con inundación media y baja, donde para el VIM el nivel de agua era de

43 ± 10 cm a bajo del nivel del sustrato. En el caso del sistema radicular, la longitud de la raíz en el mes de enero fue de 22.2 ± 3.3 cm, dándonos un registro que el nivel del agua estaba de 10.7 a 30.7 cm por debajo de la longitud promedio de la raíz, mientras en el VIB el nivel de agua fue de 55 ± 10 cm bajo el nivel del sustrato (Fig. 3) con una longitud de 27.3 ± 3.2 cm en la raíz, quedando el nivel de agua de 17.6 a 37.6 cm por debajo de la longitud promedio de rizosfera. En un estudio realizado por Prieto *et al.* (2004), con plantas de pino blanco en vivero encontró que la frecuencia de riego influyó en el crecimiento de las plantas, se tuvo un mayor crecimiento con riego de 48 horas en comparación a las plantas regadas cada 96 y 168 horas. En este aspecto Sáenz *et al.* (2010) considera que la altura puede ser manipulada en vivero a través de la fertilización y el riego, Montes *et al.* (1999) en el estado de Chiapas encontró que en las especies de mangle la altura se incrementa con un mayor aporte de agua dulce.

En *A. germinans* la pendiente no fue significativa en los viveros, esto pudo corresponder a que las plantas estaban en condiciones de inundación y en el vivero de riego la humedad era constante toda la semana. De acuerdo a los resultados obtenidos en este estudio, esta especie de mangle debe mantenerse menos húmeda con respecto a las demás especies estudiadas, similar a lo mencionado por Monroy-torres (2009) y Flebes-Patron *et al.* (2009) donde *A. germinans* tiene mejor crecimiento en áreas menos inundadas y *R. mangle* en áreas de mayor inundación.

Las tasas de crecimiento al mes que se obtuvieron para *L. racemosa* en el presente estudio son similares a los obtenidos en Monroy-Torres (2005), en *R. mangle* y *A. germinans* las tasas de crecimiento son inferiores a las reportadas en otros estudios realizados en Sinaloa. Las altas tasas de crecimiento reportadas por Tovilla-Hernández *et al.* (2004) en el estado de Chiapas se pueden deber a que las plantas se instalaron en la desembocadura de un río en donde se tiene un bosque de mangles de hasta 22 metros de altura (Tabla 31).

Tabla 31. Comparación del crecimiento de mangle en diferentes estudios

Especie	Crecimiento cm mes <sup>-1</sup>	Plantación	Fuente
<i>L. racemosa</i>	1.2	Contenedores de PVC a 0 ups	Monroy-Torres, 2005 sur de Sinaloa
<i>L. racemosa</i>	0.89	Bosque de manglar	Arguello-Velázquez, 2012 Alvarado, Veracruz
<i>L. racemosa</i>	1.40	Sistema experimental silvopescuero Mangle y peces	Moroyoqui-Rojo, 2005 sur de Sinaloa
<i>L. racemosa</i>	9.0	Plantas en vivero	Tovilla-Hernández <i>et al.</i> , 2004. Tapachula, Chiapas
<i>L. racemosa</i>	18.3	Plantas en campo	
<i>L. racemosa</i>	1.41 a 1.87	Viveros con inundación y riego	Este estudio sur de Sinaloa
<i>L. racemosa</i>	0.53	Vivero tradicional	
<i>R. mangle</i>	3	Plantación en estero de Urías	Agraz-Hernández, 1999
<i>R. mangle</i>	2.7	Vivero experimental	
<i>R. mangle</i>	1.8	Contenedores de PVC a 0 ups	Monroy-Torres, 2005 Sur de Sinaloa
<i>R. mangle</i>	0.91	Isletas de dragado a 52 ups plantas con contenedor	Benítez-Pardo, 2007 norte de Sinaloa
<i>R. mangle</i>	1.18	Plantas de vivero sin contenedor	
<i>R. mangle</i>	0.5	Plantas del medio natural	
<i>R. mangle</i>	0.82	Bosque de manglar	Arguello-Velázquez, 2012 Alvarado, Veracruz
<i>R. mangle</i>	1.02	Sistema experimental silvopescuero Mangle y peces	Moroyoqui-Rojo, 2005 sur de Sinaloa
<i>R. mangle</i>	9.9	Plantas en vivero	Tovilla-Hernández <i>et al.</i> , 2004. Tapachula, Chiapas
<i>R. mangle</i>	19.5	Plantas en campo	
<i>R. mangle</i>	0.328 a 0.58	Viveros con inundación y riego	Este estudio Sur de Sinaloa
<i>A. germinans</i>	1.8	Vivero experimental	Agraz-Hernández, 1999
<i>A. germinans</i>	0.21	Contenedores de PVC a 0 ups	Monroy-Torres 2005 sur de Sinaloa
<i>A. germinans</i>	2.12	Isletas de dragado a 52 ups plantas con contenedor	Benítez-Pardo, 2007 norte de Sinaloa
<i>A. germinans</i>	2.10	plantas sin contenedor	
<i>A. germinans</i>	2.08	Plantas del medio natural	
<i>A. germinans</i>	0.72	Bosque de manglar	Arguello-Velázquez 2012 Alvarado, Veracruz
<i>A. germinans</i>	6.9	Plantas en vivero	Tovilla-Hernández <i>et al.</i> , 2004. Tapachula, Chiapas
<i>A. germinans</i>	0.44	Plantas en campo	
<i>A. germinans</i>	0.317 a 0.57	Viveros con inundación y riego	Este estudio sur de Sinaloa

**Diámetro.** En la especie *L. racemosa* la inundación tuvo influencia en el crecimiento en diámetro. Se observó para el vivero con inundación alta (0.99 mm mes<sup>-1</sup>) un crecimiento mayor que los demás viveros, disminuyendo este según la disponibilidad de agua en el suelo, el vivero con inundación media y baja de 0.63 a 0.61 mm mes<sup>-1</sup>, el vivero de riego de 0.48 mm mes<sup>-1</sup> y el vivero tradicional de 0.20 mm mes<sup>-1</sup>. La forma de plantación también presentó influencia y a que se tiene mayor crecimiento en los viveros en donde se



plantaron los mangles con respecto al crecimiento en el vivero tradicional en donde las plantas se pusieron sobre el suelo.

*R. mangle* registro un crecimiento de 0.06 a 0.13 mm mes<sup>-1</sup>. La pendiente fue significativa en los viveros con inundación y los viveros de riego. El crecimiento en *A. germinans* fue de 0.07 a 0.27 mm mes<sup>-1</sup>. El diámetro es fácil de medir y da una aproximación de la sección transversal del transporte de agua, de la resistencia mecánica y de la capacidad relativa para tolerar altas temperaturas en la superficie del suelo, además que es una característica que permite predecir la supervivencia de la planta en campo; define la robustez del tallo y se asocia con el vigor y el éxito de la plantación (Sáenz *et al.*, 2010).

**Ramas.** El crecimiento de *L. racemosa* en todos los viveros fue significativo. La mayor disponibilidad de agua en el vivero de inundación alta permitió mayor producción de ramas con un crecimiento de dos a 3.8 veces más que los otros viveros. La forma de plantación influyó con un mayor crecimiento en los viveros en donde se cavó un pozo y las plantas fueron colocadas sobre el mismo en comparación con el vivero tradicional en donde las plantas estaban sobre el suelo.

**Hojas.** Es conocida la alta productividad de los ecosistemas de manglar, esto se debe a que la hojarasca de los árboles de mangle, al descomponerse contribuyen con cantidades importantes de materia orgánica particulada (detritus) influyendo de esta manera en el ciclo de nutrientes inorgánicos en el piso del bosque, la marea remueve esta materia orgánica hacia los cuerpos lagunares adyacentes y las aguas costeras convirtiéndose en fuente de energía para las especies que habitan estas zonas, incrementando su productividad primaria (Yáñez-Arancibia *et al.*, 1998; Agraz-Hernández *et al.*, 2001; Alonso-Parra *et al.*, 2006; Flores-Verdugo *et al.*, 2007b). El *detritus* sostiene una cadena alimenticia extensa y aunque muchos organismos asociados al manglar no son detritívoros por sí mismos, se benefician indirectamente de la cadena alimenticia basada en este ingrediente (Holguín y Bashan, 2007). La hojarasca en un bosque de manglar en el Golfo de California se colectó durante todo el año, con valores más altos en verano, coincidiendo con la época de lluvias

(julio-septiembre). Las precipitaciones, el nivel del mar y la relación de la precipitación/evaporación son factores que influyen en la producción de hojarasca en los manglares (Arreola-Lizárraga et al., 2004).

La disponibilidad de agua en el vivero con inundación alta permitió mayor producción de hojas para las tres especies (5.7 hojas mes<sup>-1</sup> en *L. racemosa*, 0.41 hojas mes<sup>-1</sup> en *R. mangle* y 1.0 hojas mes<sup>-1</sup> en *A. germinans*). En el vivero tradicional la pendiente no fue significativa y el coeficiente de determinación fue muy bajo ( $R^2 = 0.19$ ), posiblemente por este vivero estaba sobre el nivel del suelo e influyó la temperatura y el aire fresco de los meses de otoño e invierno que llega a deshidratar las hojas provocando la defoliación. Al igual que en los otros parámetros la forma de plantación tuvo gran influencia en la producción de hojas (Tabla 32).

Tabla 32. Comparación de la producción de hojas en las especies de mangle en diferentes estudios.

Especie	Crecimiento hojas mes <sup>-1</sup>	TPF g PS mes <sup>-1</sup>	Plantación	Fuente
<i>L. racemosa</i> peso de 0.35 g PS	0.6	0.2	Bosque de manglar	Arguello-Velázquez, 2012 Alvarado, Veracruz
<i>L. racemosa</i>	5.7 2.3 a 3.8	1.15 0.47 a 0.78	Inundación alta Media, baja y riego	Este estudio sur de Sinaloa
<i>R. mangle</i> Peso de 0.92 g PS	0.83	0.76	Bosque de manglar	Arguello-Velázquez, 2012 Alvarado, Veracruz
<i>R. mangle</i>	0.4 0.02 0.091	0.13 0.007 0.029	Inundación alta Inundación baja Vivero tradicional	Este estudio Sur de Sinaloa
<i>A. germinans</i> peso de 0.37 g PS	0.79	0.31	Bosque de manglar	Arguello-Velázquez 2012 Alvarado, Veracruz
<i>A. germinans</i>	0.9 a 1 0.28 0.05	0.05 a 0.06 0.01 0.03	Alta y media Inundación baja Vivero de riego	Este estudio sur de Sinaloa

TPF= Tasa de Producción Foliar

En el vivero tradicional la pendiente se mostró significativa en altura, diámetro y ramas en *L. racemosa* y en hojas de *R. mangle*. Se tuvo un crecimiento igual en diámetro, hojas y altura en *L. racemosa* y *R. mangle*, en el caso de las ramas *L. racemosa* tuvo un crecimiento superior a *R. mangle*, sin embargo, el crecimiento en este vivero fue menor en comparación con los viveros con inundación y el vivero de riego, esto puede dar motivo a tres factores, el

primero, que la bolsa al estar sobre el suelo se calienta con la radiación solar y no permite una buena oxigenación de la raíz hacia el resto de la planta, el segundo factor es que la bolsa se encuentra sobre el nivel del suelo y no enterrada como en los otros viveros en donde la raíz puede extenderse y anclarse al suelo lo que permite un mayor crecimiento del tallo, y por último, en el vivero tradicional no se le colocó la capa con tierra fértil y sustrato comercial (capa que adicionó nutrientes a las plantas) con respecto a los otros viveros.

### 9.3. Costos de construcción de los viveros

En este estudio se produjeron 771 plantas de mangle en la primera etapa, el costo de producción por planta fue de \$6.27. En Flores-Verdugo *et al.* (2006) se señala la construcción de un vivero en donde se produjo 20,000 plantas con un gasto de producción por planta de \$2.01 a \$4.14. Benítez-Pardo (2007) produjo 25,000 plantas en vivero y el costo de producción de planta fue de \$5.70. La diferencia en el costo puede deberse a la poca producción de plantas en este estudio comparados con otros autores, y a que se tiene que invertir en los materiales para un vivero para producir menos cantidad de plantas.

En la segunda etapa, el costo de cada uno de los viveros con inundación fue de \$8,841.97, costos superior a los \$6,718.46 gastados en el vivero de riego plantación y de los \$3,790.29 para el vivero tradicional (Anexo 3), la diferencia se debe a que en los viveros con inundación y riego plantación se invirtió en la máquina que realizó la excavación, los materiales para las divisiones y el sustrato comercial que se le adiciona a estos viveros. Además que los costos de mantenimiento en estos viveros fueron mayores en comparación con el vivero tradicional. Lo mismo sucedió con los costos de producción por planta que fueron más altos en los viveros con inundación (\$81.87) en comparación con el vivero de riego plantación (\$33.15) y el vivero tradicional (\$14.19).

Los costos de producción de plantas de vivero es más alto que la siembra directa de propágulos (Benítez-Pardo *et al.*, 2002). Los gastos de un vivero son justificables cuando no se puede lograr una plantación directa de propágulos en la zona, cuando se requieren plantas con cierto grado de desarrollo o tener una

fuentes de plantas disponibles para actividades de reforestación (Saenger, 1997 en Benítez-Pardo *et al.*, 2002). Debe preferirse la siembra directa de propágulos en campo y construir viveros para cubrir aquellos sitios en donde la siembra directa no fue exitosa (Tovilla-Hernández *et al.*, 2004).

#### 9.4. Calidad de la planta

No se encontraron trabajos de calidad de la planta con especies de mangle en viveros, sin embargo los parámetros de calidad utilizados en los estudios consultados se consideraron adecuados para ser utilizados en especies de mangle.

La altura de las plantas, es un indicador de la superficie fotosintética y representa al mismo tiempo su capacidad para almacenar carbohidratos. De tal manera que aquellas plantas que alcanzaron mayores alturas, tendrán mayor área fotosintetizante y transpirante (Orozco *et al.*, 2010). Se logró producir plantas de buena calidad en altura y diámetro para *L. racemosa* y *R. mangle*. En la especie *A. germinans* para la altura se lograron valores de calidad media en los viveros con inundación y de calidad baja en el vivero de riego, mientras que el diámetro sí logró valores de calidad alta en las tres especies para todos los viveros. En un estudio realizado por Prieto *et al.* (2009), en Sáenz *et al.* (2010) se indica que las plantas con diámetro mayor a 5 mm son más resistentes al doblamiento y toleran mejor los daños por plagas y fauna nociva, debido a que el diámetro es un buen indicador del comportamiento de la altura y ambos definen la producción de biomasa de la parte aérea y la raíz (Saenz *et al.*, 2010).

El índice de esbeltez en *L. racemosa* fue de un rango de 2.5 a 3.8, en *R. mangle* de 2.4 a 2.9, mientras que en *A. germinans* se obtuvieron valores de 2.1 a 3.0. Registros más bajos en este índice muestran una mejor calidad, es decir, plantas más robustas, con mayor tallo vigoroso, y por lo tanto, son plantas más resistentes al manejo y al traslado (Santiago *et al.*, 2007; CONAFOR, 2010; Sáenz *et al.*, 2010). En todos los viveros para las tres especies se logró un índice de esbeltez con calidad alta, con un valor menor a

seis que es el recomendado. En cambio valores altos indican una desproporción entre el crecimiento en altura y el diámetro, como pueden ser tallos elongados con diámetros delgados (Prieto *et al.*, 2003 y Prieto *et al.*, 2009 en Saenz *et al.*, 2010). Las plantas de mangle producidas en los cinco viveros al ser más robustas, con tallos vigorosos y tener buena proporción, tendrán buena sobrevivencia y adaptación a las condiciones de campo, ya que este índice es un indicador de la resistencia de la planta a la desecación por el viento y del crecimiento potencial en sitios secos (Rodríguez, 2008 en Saenz *et al.*, 2010).

Entre más grande sea el sistema radical de la planta, tendrá más puntos de crecimiento y mayor posibilidad de explorar el suelo para captar agua y nutrientes. Para este estudio la mayor longitud en la raíz se presentó en los viveros con inundación y el vivero de riego, en estos cuatro viveros aunque la planta estaba con bolsa, las raíces primarias salían de la bolsa de polietileno, algunas por la parte de abajo de la bolsa y otras por las rasgaduras laterales que se le hicieron a la bolsa, lo que no ocurrió en el vivero tradicional en donde la raíz quedó contenida en la bolsa de polietileno o tan solo salía unos cuantos centímetros.

El desarrollo del sistema radical depende del agua que contenga el sustrato, lo que determina su crecimiento y desarrollo. Si una planta recibe agua en abundancia disminuye el desarrollo de las raíces finas, pues no presenta limitante alguna para absorber agua del suelo, pero si el agua escasea, será necesario que la planta tenga un sistema radical amplio para que sobreviva, sin embargo cuando las condiciones de humedad son adversas en el sustrato, donde se inhibe el desarrollo de raíces finas (Leyva, 2008 en Sáenz *et al.*, 2010; González, 1995; Villar *et al.*, 1997 en Sáenz *et al.*, 2010).

La relación entre la parte aérea: Longitud de la raíz principal fue de calidad alta en la especie *L. racemosa* (0.6:1), en *A. germinans* (0.4:1 a 0.5:1) y en los viveros con inundación de *R. mangle* (1.2:1 a 1.5:1), ya que todos estos valores son menores de 2:1, valor recomendado en Saenz *et al.* (2010). Para *R. mangle* se encontraron valores con calidad media en el vivero de riego con

2.4:1 y de calidad baja en el vivero con riego tradicional con un valor de 3.3:1. Debe existir equilibrio y proporción entre la parte aérea y el sistema radical de la planta. La relación 1:1 favorece altas tasas de supervivencia en los sitios de plantación sin limitantes ambientales (Saenz *et al.*, 2010).

La producción de biomasa es importante debido a que refleja el desarrollo de la planta en vivero. Una buena relación debe fluctuar entre 1.5 y 2.5 y a que valores mayores indican desproporción y la existencia de un sistema radical insuficiente para proveer de energía a la parte aérea de la planta (Thompson, 1985 en Saenz *et al.*, 2010). Para *L. racemosa* la relación de la biomasa seca aérea/ biomasa seca de la raíz obtuvo valores de calidad alta (de 1.5 a 2) en los viveros con inundación media y baja, para *R. mangle* en el vivero de riego y en *A. germinans* para el vivero con inundación alta, media y el vivero con riego.

Rodríguez (2008) en Saenz *et al.* (2010) indica que una relación igual a uno como la que se obtuvo en el vivero de riego para *L. racemosa*, significa que la biomasa aérea es igual a la subterránea; pero si el valor es menor a uno obtenido en el vivero tradicional para *L. racemosa*, vivero de inundación alta para *R. mangle*, entonces la biomasa subterránea es mayor que la aérea; al contrario, si el valor es mayor a uno (el resto de los viveros), la biomasa aérea es mayor que la subterránea. Thompson (1985) en Saenz *et al.* (2010) afirma que el cociente de esta relación no debe ser mayor a 2.5 en el vivero, particularmente cuando la precipitación es escasa en los sitios de plantación (valor obtenido de 2.6 en el vivero con riego tradicional de *R. mangle*).

El índice de Calidad de Dickson ICD es el mejor parámetro para indicar la calidad de planta, ya que expresa el equilibrio de la distribución de la masa y la robustez, evitando seleccionar plantas desproporcionadas y descartar planta de menor altura pero con mayor vigor (Fonseca *et al.*, 2002 en Saenz *et al.*, 2010). Un índice mayor a 0.5 fue obtenido en todos los viveros para la especie *L. racemosa* de 1.0 a 2.0, y en *R. mangle* de 1.41 a 1.85, y para *A. germinans* solo en el vivero con inundación alta (0.75) y en el vivero de inundación baja (0.55) se superó este valor, quedando para esta última especie el vivero con

inundación media y el vivero de riego como calidad media. A mayor valor de índice resultará una mejor calidad de planta.

La Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), recomienda algunos parámetros cualitativos a considerar en plantas de vivero, la raíz debe tener un eje central y raíces laterales bien distribuidas, sin malformaciones o nudos, abundantes puntos de crecimiento, el vigor referido al color del follaje propio de la especie, la integridad, esto es, plantas completas, no rotas, que no se ladeen o doblen con su propio peso y libres de plagas y enfermedades, de aspecto vigoroso. En el presente estudio es de considerar que las plantas de las tres especies y en los cinco viveros cumplan con las características cualitativas señaladas por la CONAFOR.

#### 9.5. Análisis del sustrato

En relación a la textura del suelo de los viveros, el análisis reporta que predominan las partículas de arena, observándose que en los sedimentos de Julio de 2012, en vivero de inundación media y alta contienen partículas de limo, al igual que el vivero de riego y el sedimento de macetas en el vivero tradicional, clasificando los suelos en arena migajosa, estos seguramente ante la falta de humedad se transforman en suelos compactados. En el medio natural los manglares se distribuyen sobre suelos arenosos, inundados, en sustrato lodoso, con presencia de hojarasca, suelos fangosos y suelos pantanosos inundables (Montes et al., 1999).

En cationes (iones con carga positiva +) se observa que el sodio (Na) en la muestra de sedimento de macetas del vivero tradicional contiene mayor concentración de este ion; en potasio (K) no se observa diferencia en su concentración, aunque los valores no alcanzan el valor de referencia de 0.05 a 1.0 Meq/L. En cuanto al calcio (Ca) y magnesio (Mg) se reportan diferencias, donde las más altas concentraciones se observan en las muestras de julio de 2012, Vivero de inundación media, alta y baja.

Las plantas de manglar han desarrollado a través de su evolución una serie de mecanismos eficientes y específicos (procesos adaptativos) a nivel celular que

le permiten establecerse en ambientes con altas concentraciones de metales (González-Mendoza *et al.*, 2008), además de proporcionar la capacidad de inactivar metabólicamente a los elementos esenciales y no esenciales cuando representan un riesgo para la integridad celular (Cai y Ma 2002 en González-Mendoza *et al.*, 2008).

Un vivero forestal debería producir planta con niveles óptimos de nutrientes, ya que planta saludable tendrá mejor desempeño en la plantación que planta clorótica y achaparrada; además, estará en condiciones para soportar el estrés de plantación. El primer resultado de la deficiencia de nutrientes es la reducción en la tasa de crecimiento, la productividad disminuye sin presentarse síntomas visibles; si esta condición persiste, pueden aparecer síntomas de deficiencia y reducirse aún más el crecimiento (Landis, 1985; García, 2007 en Sáenz *et al.*, 2010).

En el presente estudio el porcentaje de saturación (% SAT) es bajo, es decir, que se ocupa muy poca agua para saturar el suelo, en comparación a un suelo que contiene partículas de arcilla. En la capa de arena se tenían valores del 25%, subiendo este valor a 31% con la capa fértil.

En este estudio el fósforo fue muy deficiente en la mayoría de las muestras excepto sedimento de macetas del vivero tradicional (79 ppm). Las bajas concentraciones de fósforo en el suelo puede estar relacionado con la alta concentración de calcio en el lugar donde se construyeron los estanques (9875 ppm), con altas concentraciones de calcio hay poco fósforo disponible en el suelo. Los valores de calcio fueron en el VIA (11960 ppm), VIM (11240 ppm), VIB (8900 ppm), solo se presentaron valores bajos para el vivero de riego con 3370 ppm y en el sedimento de macetas del vivero tradicional con 1670 ppm.

La abundancia de cationes en aguas marinas provoca la precipitación del fósforo del agua intersticial del manglar que se deposita en sedimentos, imposibilitando su absorción por parte de las plantas. La presencia de bacterias solubilizadoras de fosfato en las raíces de los manglares proporcionan a las plantas una fuente constante de fósforo las bacterias sulfato reductoras,



además de ser los principales descomponedores de materia orgánica en suelos anaerobios, participan en la mineralización del azufre y en la disponibilidad de hierro y fósforo en manglares (Holguín y Bashan, 2007).

En cuanto al potasio y magnesio se observan valores muy bajos considerando el valor de referencia de 600 ppm para los dos elementos. Los suelos desarrollados sobre arenas costeras son relativamente pobres en magnesio (Devlin, 1982).

De los elementos menores analizados en su mayoría se observan adecuados, sin embargo se observa variación en sus niveles en las muestras analizadas. Solamente hierro (Fe) está por encima del nivel de referencia. La disponibilidad de hierro para la planta va estrechamente ligada al pH del suelo. En suelos neutros o alcalinos, el hierro es más insoluble en comparación con suelos ácidos. Al igual que con el manganeso y el zinc, el aumento de pH del suelo hace que disminuya el boro en forma disponible para la planta (Devlin, 1982).

La tolerancia de los manglares a los elementos potencialmente tóxicos (EPT) esenciales y no esenciales que pueden generar síntomas de toxicidad e inhibición del crecimiento de las plantas, puede ser dividida en mecanismos externos de tolerancia tales como la formación de placas de hierro y microorganismos, y mecanismos internos de tolerancia que incluyen precipitación de los iones de EPT por grupos sulfuros extracelulares, síntesis de exudados radicicales, compuestos orgánicos y desarrollo de glándulas secretoras, presentes en el tejido foliar de ciertas especies de mangle que eliminan el exceso de iones en el tejido (Walsh *et al.*, 1979; Thomas, 1984; Ronghua y Lin, 1989 en González-Mendoza *et al.*, 2008).

#### 9.6. Tercera etapa: forestación en los estanques-laguna

El éxito de los programas de reforestación depende en gran parte de la calidad de la planta que se produce en los viveros, es recomendable que las características de las plantas se ajusten lo más posible a las condiciones físicas, químicas y biológicas del sitio de plantación (Sáenz *et al.*, 2010; Orozco

*et al.*, 2010). En los manglares se deben considerar las condiciones hidrológicas de los sitios a reforestar, las mareas, la inundación de la zona, la salinidad y la microtopografía (Flores-Verdugo *et al.*, 2007a). Con la finalidad de conocer con más detalle los sitios a reforestar y tomar decisiones acertadas en cuanto a la selección de las especies a utilizar y los métodos de forestación (Flebes-Patrón *et al.*, 2009). En proyectos de reforestación de grandes extensiones es importante la integración de las personas de la comunidad a las actividades de reforestación (SEMARNAT-CONAFOR, 2009; Tovilla-Hernández *et al.*, 2004).

Los mangles producidos en el presente estudio, al presentar características de calidad alta y media son adecuados para ser utilizados en programas de reforestación. La SEMARNAT-CONAFOR (2009) aconseja realizar la reforestación durante el verano coincidiendo con la temporada de lluvias y con plantas con una talla superior a los 30 cm o superar la altura de la inundación en caso de que se de en la zona, en los viveros estudiados estas alturas se alcanzaron en *L. racemosa* y *R. mangle*.

Agraz-Hernández (1999); Benítez-Pardo (2007) y Flebes-Patrón *et al.*, (2009); han señalado que las plantas de vivero tienen un crecimiento mayor que las plantas instaladas en su medio natural y por ende mayor sobrevivencia ya que en los viveros se cuentan con condiciones más controladas que las del medio natural. En los estanques-laguna hubo variación de la salinidad en un periodo de seis meses de 2 a 14 ups para un estanque y de 20 a 28 ups para otro, además de esto por ser una zona de reciente creación la arena retirada por la maquina durante la excavación no tenía suficiente estabilidad y en varias ocasiones las plantas quedaban sepultadas por la arena que caía sobre ellas, otro factor que influyó en la baja sobrevivencia fue el nivel del agua, que al aumentar provocaba que las plantas quedaran inundadas afectando las plantas de menor tamaño, siendo en este caso las provenientes de propágulos.

En algunas zonas se utilizan especies de mangle como biofiltro, o en conjunto con especies de bivalvos o halofitas para reforestar zonas con alto impacto provocado por las descargas de efluentes contaminados (Agraz-Hernández *et*

*al.*, 2001; Flores-Verdugo *et al.*, 2007b). Se ha comprobado que las especies de mangle remueven eficientemente los nutrientes disueltos en el agua, convirtiendo los materiales de desecho en biomasa vegetal (Moroyoqui-Rojo, 2005). Con las especies de mangle se reforestan áreas cercanas a las granjas camaronícolas, en los bordos perimetrales o para la reforestación de granjas abandonadas (Benítez-Pardo *et al.*, 2002).

Otro factor de importancia a considerar al realizar actividades de reforestación es la zonación o distribución natural de las especies de mangle, ya que cada especie tiene adaptaciones en sus raíces, hojas y tallos, por lo que podemos encontrar a cada una ocupando un lugar especial. La "zonación clásica" donde la especie *R. mangle* se encuentra en la orilla, seguido por *L. racemosa*, *A. germinans*, *C. erectus* y finalmente vegetación terrestre se puede encontrar en sitios con pendiente pronunciada y con extensión suficiente para permitir el establecimiento de las especies (Monroy-Torres, 2005). La distribución espacial de las especies de mangle puede variar en función de factores como el hidroperiodo, la topografía y salinidad (Monroy-Torres, 2005; Méndez *et al.*, 2007).

## 10. CONCLUSIONES

En *L. racemosa* es mayor el crecimiento en los viveros con inundación y riego en donde se enterraron los mangles en el suelo en comparación con el crecimiento del vivero tradicional en donde las plantas se pusieron sobre el suelo.

En *R. mangle* y *A. germinans* no se encontraron diferencias significativas en el crecimiento entre los viveros para altura, diámetro y ramas de las plantas.

Para los viveros con inundación y el vivero de riego *L. racemosa* presentó un crecimiento mayor con respecto a *R. mangle* y *A. germinans*.

En los viveros con inundación y riego *A. germinans* tiene un crecimiento mayor o igual con respecto a *R. mangle*.

Se tiene menor costo de producción por planta en los viveros con riego comparado con el costo de los viveros con inundación.

Las plantas de la especie *L. racemosa* producidas en los cinco viveros son de calidad alta. En *R. mangle* los viveros de inundación y el vivero de riego tuvieron calidad alta y solo el vivero tradicional calidad media. *A. germinans* tiene plantas de calidad alta en los viveros con inundación y de calidad media en el vivero de riego.

Los mangles producidos en el presente estudio son adecuados para ser utilizados en programas de reforestación.

## 11.RECOMENDACIONES

Uno de los problemas con los estanques es que no fue posible evitar fugas de agua, debido a que en el sitio de construcción había restos de conchas, troncos y piedras que perforaron el plástico, además la capa de polietileno estaba muy delgada y no fue posible evitar fugas de agua. Se recomienda en trabajos posteriores de construcción de viveros con inundación, poner además del plástico de polietileno lonas plásticas para proteger el plástico de posibles rupturas o polietileno de mayor grosor.

En condiciones ideales donde no se tuvieran fugas de agua en los viveros con inundación se esperaría agregarle agua solo para mantener el nivel necesario en cada estanque y de esta manera disminuir el consumo de agua.

Es recomendable que se construyan nuevos viveros con inundación estos tengan profundidades menores de 40 a 50 cm, esto basado en que la longitud máxima de la raíz fue de 50 cm.

Poner más plantas en los viveros con inundación para disminuir el costo de producción por planta, aumentar la densidad de plantación de 9 plantas  $m^{-2}$  a 16  $m^{-2}$ . Se recomiendan los viveros con riego ya que en estos se producen plantas con buen crecimiento y de buena calidad a menor costo comparado con los viveros con inundación.

Es recomendable si las plantas de vivero tradicional es tan más de nueve meses en el vivero se le adicione abono y tierra para mejor crecimiento o se instalen en los lugares de reforestación en la temporada de verano y otoño, para que la planta tenga el riego natural de las lluvias. Aplicar riego en la especie *A. germinans* una vez a la semana.

## 12. BIBLIOGRAFÍA

- Agraz-Hernández, C. M. 1999. Reforestación experimental de manglares en ecosistemas lagunares estuarinos de la costa noroccidental de México. Tesis de Doctorado. Universidad Autónoma de Nuevo León, México. 132 pp.
- Agraz-Hernández, C. M., Flores-Verdugo F. y Calvario-Martínez O. 2001. Impacto de la camaronicultura en ecosistemas de manglar y medidas de mitigación. En: Pérez-Osuna F. Ed. *Camaronicultura y medio ambiente*. Universidad Nacional Autónoma de México y El Colegio de Sinaloa, México, pp. 372-393.
- Alonso-Parra, D., E. Bestard-Barrera y A. Zaldivar-Jiménez. 2006. Manual para la conservación del Pato Real Mexicano y su hábitat. Reporte final. Ducks Unlimited de México, A.C. Garza García, N. L. México.
- Argüello-Velázquez, J. A. 2012. Dominancia manglares mediada por tasa diferenciales de crecimiento y producción primaria en Alvarado, Veracruz. Tesis de Maestría. Universidad Nacional Autónoma de México. 64 p.
- Arreola-Lizárraga, J. A., Flores-Verdugo, F.J. Ortega-Rubio A. 2004. Structure and litterfall of an arid mangrove stand on the Gulf of California. México. *Aquatic Botany*. 79 (2): 137-143.
- Benítez-Pardo, D., Flores-Verdugo y J.I. Valdez-Hernández. 2002. Reproducción vegetativa de dos especies arbóreas en un manglar de la costa norte del Pacífico mexicano. *Madera y Bosques* 8 (2): 57-71.
- Benítez-Pardo, D. 2007. Forestación artificial con mangles en isletas de dragados en una región semiárida de México. Tesis doctorado en Ciencias Marinas. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, Instituto Politécnico Nacional. 104 pp.

- CONABIO. 2009. Manglares de México: Extensión y distribución. 2ª ed. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. 99 pp.
- CONABIO-CONANP. 2009. Mangle blanco (*Laguncularia racemosa*). Fichas de especies mexicanas. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad y Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, México, D.F. 5p.
- CONAFOR. 2010. Prácticas de reforestación. Manual básico. Comisión Nacional Forestal. México. 66 p.
- Devlin R. M. 1982. "Detección, existencia y disponibilidad de los elementos esenciales" en Fisiología Vegetal. Ed. Omega. Barcelona. Cap. 13. pp. 268 - 301.
- Febles-Patrón, J. L.; J. Novelo-López y E. Batllori-Sampedro. 2009. Pruebas de reforestación de mangle en una ciénaga costera semiárida de Yucatán, México. *Madera y Bosques* 15 (3): 65-86.
- Febles-Patrón, J. L.; J. Novelo-López y E. Batllori-Sampedro. 2007. Efecto de factores abióticos en el desarrollo de raíces primarias, crecimiento y supervivencia de propágulos en *Rhizophora mangle* L. *Madera y Bosques* 13 (2): 15-27.
- Flores-Verdugo, F., Agraz-Hernández, C. y Benítez-Pardo D. 2006. Creación y restauración de ecosistemas de manglar: Principios Básicos. Estrategia para el manejo costero integral. El enfoque municipal. Instituto de Ecología. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. Vol. 3. 1093-1110.
- Flores-Verdugo, F. J., Moreno-casasola, P. Agraz-Hernández c. M. y Benítez-Pardo D. 2007a. La topografía y el hidropérido: dos factores que condicionan la restauración de los humedales costeros. Boletín de la Sociedad Botánica de

México, Junio, número 80 Sociedad Botánica de México, A.C. Distrito Federal, México. Pp. 33-47.

- Flores-Verdugo, F. J.; C. M. A. Graz-Hernández y D. Benítez-Pardo. 2007b. Ecosistemas acuáticos costeros: importancia, retos y prioridades para su conservación. En: Sánchez, O., E. Peters., M. Herzig., R. Márquez-Huitzil y L. Zambrano (Eds). 2007. Perspectivas sobre conservación de ecosistemas acuáticos en México. Instituto Nacional de Ecología. Pp.147-166.
- González-Mendoza, D., Grimaldo Juárez, O. & Cervantes Díaz, L. 2008. Los elementos potencialmente tóxicos en las plantas de manglar: una revisión de los mecanismos de tolerancia involucrados. *Interciencia*, 33 (11) 817 -820. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33913606>.
- Holguín, G & Bashan. Y. 2007. La importancia de los manglares y su microbiología para el sostenimiento de las pesquerías costeras, *In* Microbiología agrícola: hongos, bacterias, micro y macrofauna, control biológico, planta-microorganismo. (Eds.) Ferrera Cerrato R. y Alarcón A. Charper 10. Editorial Trillas, México. Pp. 239-252.
- Lindig-Cisneros, R. y Zambrano, L. Aplicaciones prácticas para la conservación y restauración de humedales y otros ecosistemas acuáticos. En: Sánchez, O., E. Peters., M. Herzig., R. Márquez-Huitzil y L. Zambrano (Eds). 2007. Perspectivas sobre conservación de ecosistemas acuáticos en México. Instituto Nacional de Ecología. Pp.167-188.
- Mejía-Sarmiento, B. 2002. La Acuacultura y las Aves. En Camaronicultura y Medio Ambiente. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. Eds. U.N.A.M., Mazatlán, Sinaloa, México. Pp. 73-99.
- Méndez Linares, A. P., López-Portillo, J., Hernández-Santana, J. R., Ortiz Pérez, M. A. and Oropeza Orozco, O. 2007. The mangrove communities in the



Arroyo Seco deltaic fan, Jalisco, Mexico, and their relation with the geomorphic and physical–geographic zonation. *Catena*, 70: 127-142.

- Monroy-Torres, M. 2005. Distribución de tres especies de manglar en relación al hidropериodo y salinidad intersticial en el estero de Urías; Mazatlán, Sinaloa. Tesis de Licenciatura. Facultad de ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. 83 p.
- Monroy-Torres, M. 2009. Determinación de la distribución de tres especies de manglar con relación al hidropериodo, como apoyo a estrategias de reforestación. Tesis de maestría. Universidad Nacional Autónoma de México. 45 p.
- Montes C., C.G.; S. Castillo A. y J. López Portillo. 1999. Distribución del manglar en cuatro sistemas lagunares de la costa de Chiapas, México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 64:25-34.
- Moroyoqui-Rojo, L. 2005. Análisis de la eficiencia de remoción de nutrientes en un sistema experimental silvopescuero (Manglar-ictiofauna) con recirculación de agua. Tesis de maestría. CIIDIR-IPN, Unidad Sinaloa. 71 p.
- Orozco G. G., Muñoz F., H. J., Villaseñor R. F. J., Rueda S. A., Sigala R. J. A. y Prieto R., J. A. 2010. Diagnóstico de calidad de planta en los viveros forestales del estado de Colima. Folleto Técnico Núm. 1. SAGARPA. INIFAP. CIRPAC. Campo Experimental Uruapan, Michoacán, México. 47 p.
- Prieto R., J. A., Domínguez C., P. A., Navar C., J de J. 2004. Factores que influyen en la producción de planta de *Pinus cooperi* blanco en vivero. *Revista Chapingo. Serie ciencias forestales y del ambiente* 10 (1): 63-70.
- Sáenz, R. J. T.; Villaseñor R. F. J.; Muñoz F. H. J.; Rueda S. A. y Prieto R. J. A. 2010. Calidad de planta en viveros forestales de clima templado en Michoacán. Folleto Técnico Núm. 17. SAGARPA-INIFAP-CIRPAC-Campo Experimental

Uruapan. Uruapan, Michoacán, México. 48 p.

- Sandoval-Castro, E. 2012. “Diversidad y estructura genética de *Avicennia germinans* y *Rhizophora mangle*, en los ecosistemas de manglar de México”. Tesis de Doctorado. Facultad de Ciencias Marinas. Universidad Autónoma de Baja California. Ensenada, Baja California, México. 132 pp.
- Santiago T., O., V. Sánchez M., C. R. Monroy R. y J. G. 2007. Manual de producción de especies forestales tropicales en contenedor. INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental El Palmar. Folleto Técnico Núm. 44. Veracruz, México. 73 p.
- SEMARNAT-CONAFOR. 2009. La reforestación de los manglares en la costa de Oaxaca. Manual comunitario. Primera edición. 65 pp.
- Tovilla H., C.; A. V. Román S.; G. M. Simuta M. y R. M. Linares M. 2004. Recuperación del manglar en la Barra del Río Cahoacán, en la costa de Chiapas. Madera y Bosques Número especial 2:77-91.
- Yáñez-Arancibia A., R. Twilley R., Lara-Domínguez A. L. 1998. Los ecosistemas de manglar frente al cambio climático global. Madera y Bosques, 4, (2): 3-19.
- Warner, B., Agráz-Hernández C.M. y Flores-Verdugo F.J. 2001. Creación y restauración de humedales, en Abarca, F.J. y M. Herzig (Eds.) 2001, *Manual para el Manejo y Conservación de los Humedales en México*, 2da. Edición, NAWCC, RAMSAR, Pronatura, US Fish and Wildlife Service, SEMARNAT, SWS, Arizona Game and Fish Department, Wildlife Habitat Conservation-Canadian Wildlife Service, Environmental Canada y DUMAC-México.

## GLOSARIO DE TERMINOS

**Cuello de la planta:** Es la parte de la planta que separa o une el tallo y la raíz.

**Deforestación:** Es la acción de eliminar el bosque de forma permanente para darle al terreno un uso no forestal.

**Densidad:** Es la relación que existe entre el número de plantas de una especie o una forma de crecimiento, y la superficie de un lugar.

**Estero:** Se define como un canal de mareas meandrónico o semimeandrónico que comunica o comunicaba una laguna costera con el mar, con un río, con una marisma o con otra laguna costera.

**Fertilidad del suelo:** Cantidad de sales minerales (nutrientes) presentes en el suelo y que están disponibles para las plantas.

**Forestación:** Plantación y cultivo de vegetación forestal en terrenos no forestales, con propósitos de conservación, restauración o producción comercial.

**Hidroperiodo:** Frecuencia de inundación en las franjas de manglar determinada por las mareas, los aportes de agua por los ríos y/o el manto freático y la topografía local.

**Hipocotilo:** designa a los propágulos de *Rhizophora mangle* que corresponde a la parte de la plántula que se encuentra situada entre los cotiledones y la radícula.

**Isletas de dragado:** Porción artificial de tierra, lugares de depósito de los lodos producto de los dragados.

**Latifoliada:** Se refiere a la forma de hoja de base ancha y terminada en punta fina, que puede tener bordes serrados o lisos de plantas angiospermas.

**Mantenimiento:** Labores culturales que contribuyen a un mejor desarrollo de los individuos que constituyen la plantación, haciéndolos más productivos.

**Malla sombra:** Es un tejido fabricado a partir de cintas de polietileno de alta densidad, se utiliza en la agricultura para controlar la cantidad de luz en los cultivos, puede proteger contra cierto tipo de insectos, lluvia, viento, polvo, etc.

**Microtopografía:** Término que se utiliza para designar las posiciones relativas a los accidentes del terreno en centímetros que definen la zonación del manglar como las marismas, la vegetación terrestre colindante y los bajos de mareas.

**Propágulo:** Embrión con un grado de desarrollo avanzado característico de plantas vivíparas.

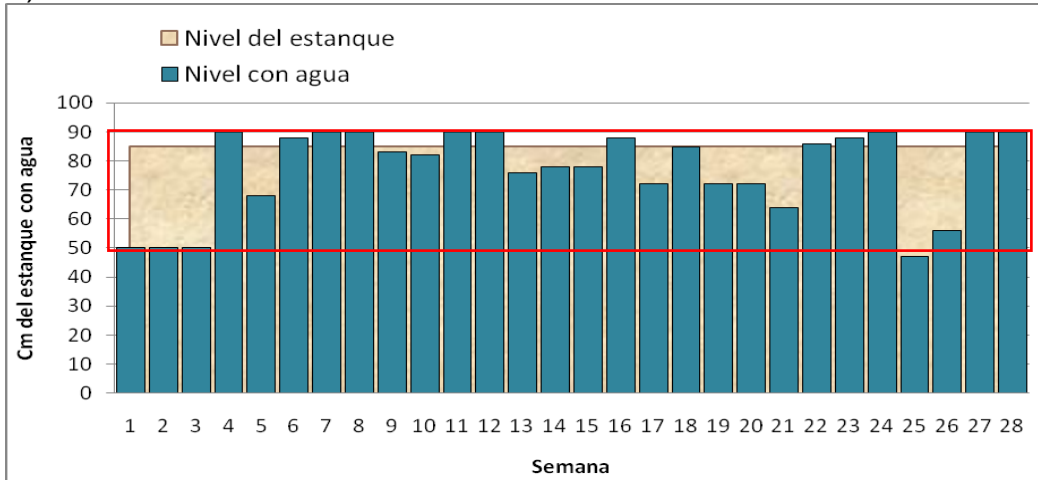
**Reforestación:** Reposición de plantas en terrenos donde anteriormente existió vegetación. Las acciones de reforestación se refieren a recuperar la cobertura vegetal original de un terreno plantando las especies que se perdieron, ya sea en semilla, acodos o con plantas producidas en un vivero.

**Restauración:** Es la acción de regresar un ecosistema degradado a lo más cercano posible a una condición previa a su perturbación. Se enfoca en aplicar medidas que permitan el establecimiento de comunidades y el restablecimiento de la dinámica de los ecosistemas.

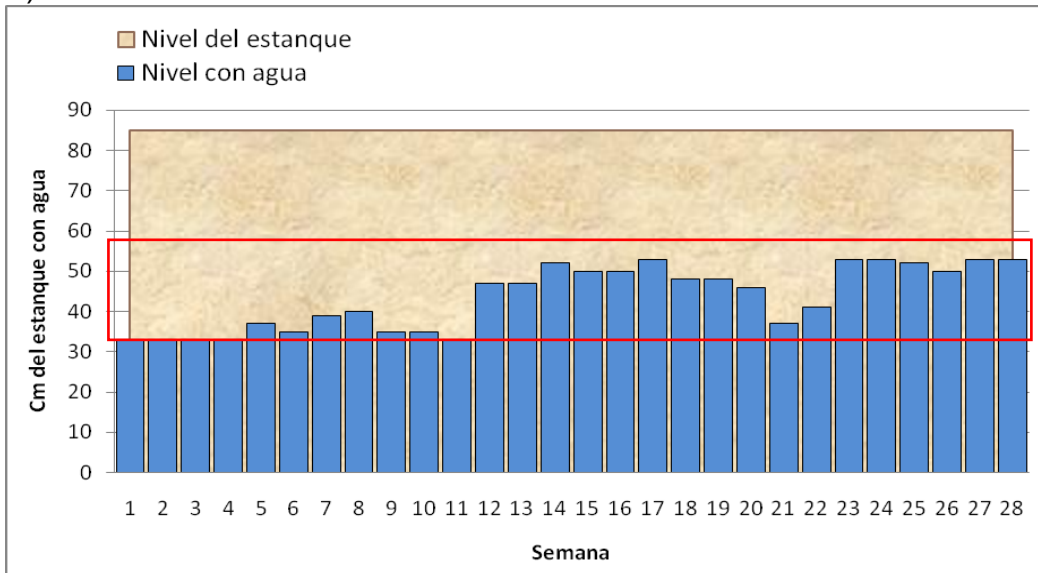
## ANEXOS

### Anexo 1. Graficas con los niveles de inundación

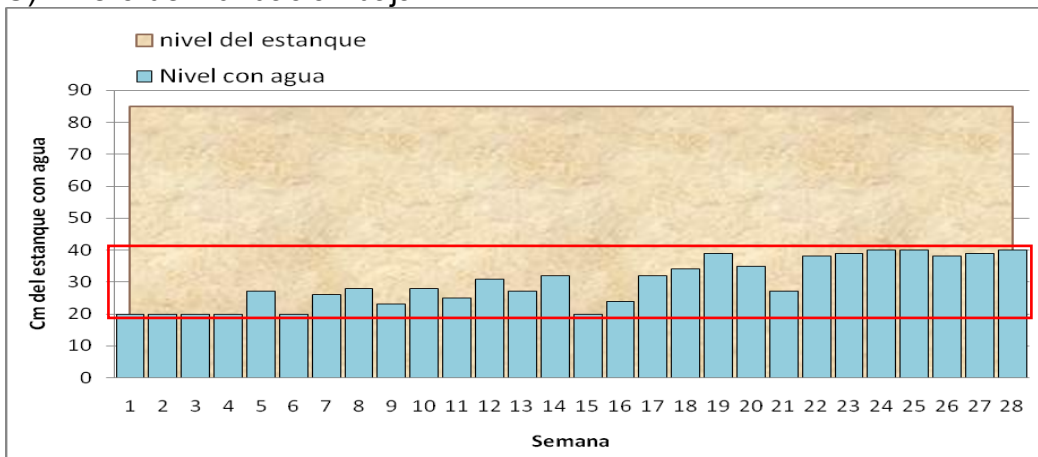
#### A) vivero con inundación alta



#### B) Vivero de inundación media



#### C) Vivero de inundación baja



Anexo 2. Análisis de comparación de pendientes de las regresiones para cada especie

Notas:

Via= Vivero con inundación alta, Vim= Vivero con inundación media, Vib= Vivero con inundación baja, Vrp= Vivero con riego, Vrt= Vivero tradicional.

A) Análisis de comparación de pendientes de las regresiones donde se encontraron diferencias significativas en *L. racemosa*

Parámetro biológico	Tipos de vivero	Relación de pendientes	t	Resultado de la prueba de pendientes	
Altura	Via vs Vrt	2.6	0.00	S	Via > Vrt
	Vim vs Vrt	3.0	0.00	S	Vim > Vrt
	Vrp vs Vrt	2.9	0.00	S	Vrp > Vrt
Diámetro	Via vs Vim	1.5	0.02	S	Via > Vim
	Via vs Vib	1.6	0.01	S	Via > Vib
	Via vs Vrp	2.0	0.00	S	Via > Vrp
	Via vs Vrt	4.9	0.00	S	Via > Vrt
	Vim vs Vrt	3.1	0.01	S	Vim > Vrt
	Vib vs Vrt	3.0	0.02	S	Vib > Vrt
	Vrp vs Vrt	2.4	0.02	S	Vrp > Vrt

B) Análisis de comparación de pendientes de las regresiones donde se encontraron diferencias significativas en *R. mangle*

Parámetro biológico	Tipos de vivero	Relación de pendientes	t	Resultado de la prueba de pendientes	
Altura	Via vs Vim	1.7	0.00	S	Via > Vim
	Via vs Vrp	1.5	0.00	S	Via > Vrp
	Via vs Vrt	1.5	0.00	S	Via > Vrt
	Vim vs Vib	1.0	0.02	S	Vim > Vib
	Vim vs Vrp	1.0	0.00	S	Vim < Vrp
	Vim vs Vrt	1.0	0.00	S	Vim < Vrt
	Vib vs Vrp	1.1	0.00	S	Vib < Vrp
	Vib vs Vrt	1.1	0.00	S	Vib < Vrt
	Vrp vs Vrt	1.0	0.00	S	Vrp < Vrt
Diámetro	Via vs Vrp	1.8	0.00	S	Via > Vrp
	Via vs Vrt	1.5	0.00	S	Via > Vrt
	Vim vs Vrt	2.0	0.00	S	Vim < Vrt
	Vib vs Vrt	1.1	0.00	S	Vib < Vrt
	Vrp vs Vrt	1.0	0.00	S	Vrp < Vrt
hojas	Via vs Vrt	4.5	0.00	S	Via > Vrt
	Vim vs Vrp	2.6	0.00	S	Vim < Vrp
	Vrt vs Vib	4.5	0.00	S	Vib < Vrt

C) Análisis de comparación de pendientes de las regresiones donde se encontraron diferencias significativas en *A. germinans*

Parámetro biológico	Tipos de vivero	Relación de pendientes	t	Resultado de la prueba de pendientes	
Altura	Via vs Vrp	1.4	0.00	S	Via > Vrp
	Vim vs Vib	1.8	0.03	S	Vim > Vib
	Vim vs Vrp	1.7	0.00	S	Vim > Vrp
	Vib vs Vrp	1.0	0.00	S	Vib < Vrp
Diámetro	Via vs Vrp	3	0.00	S	Via > Vrp
	Vim vs Vrp	1.2	0.00	S	Vim > Vrp
	Vib vs Vrp	1.6	0.00	S	Vib > Vrp
Ramas	Via vs Vrp	15.5	0.02	S	Via > Vrp
	Vim vs Vrp	12.6	0.01	S	Vim > Vrp
	Vib vs Vrp	7.3	0.01	S	Vib > Vrp
Hojas	Via vs Vim	1.0	0.04	S	Via > Vim
	Via vs Vrp	19.6	0.03	S	Via > Vrp
	Vim vs Vrp	19.4	0.00	S	Vim > Vrp
	Vib vs Vrp	5.6	0.00	S	Vib > Vrp

Anexo 3. Costos de los materiales, equipo y mano de obra de las tres etapas del proyecto

Primera etapa: gastos de operación y material del vivero del ICMYL

Actividades	concepto	cantidad	unidad	precio unitario \$	precio total \$
Colecta de propágulos	Gasolina de embarcación*	4	viajes	200.00	800.00
	Tara de plástico	2	pieza	150.00	300.00
Transporte al vivero en camión **	Siembra de propágulos	4	boleto	6.00	24.00
	Medición de plantas	46	boleto	6.00	276.00
	Riego de plantas	98	boleto	6.00	588.00
	embolsado	53	boleto	6.00	318.00
Siembra de propágulos en tinas	Tinas circulares 1.5X0.15m	3	pieza	200.00	600.00
	Sustrato comercial peat moss	1	costal de 3.8 pies <sup>3</sup>	250.00	250.00
	Cubeta de 20 litros	1	pieza	40.00	40.00
Medición de los mangles	Regla graduada en mm	1	pieza	3.00	3.00
	Cuaderno de 100 hojas	1	pieza	20.00	20.00
	Lápiz y bolígrafo	2	pieza	5.00	10.00
Embolsado	sustrato comercial peat moss	2	costal de 3.8 pies <sup>3</sup>	250.00	500.00
	Bolsas con capacidad de 2 kg.	8	kilo	44.00	352.00
	carretilla	1	pieza	400.00	400.00
	pala	2	pieza	150.00	300.00
Etiquetado	laminas de acetatos	10	pieza	1.00	10.00
	plumón indeleble	1	pieza	8.00	8.00
	hilo multifilamento	1	pieza	36.00	36.00
<b>TOTAL</b>				<b>\$4,835.00</b>	

Segunda etapa: construcción de viveros

Actividades	concepto	cantidad	unidad	precio unitario \$	precio total \$
Construcción de estanques	Trabajo de retroexcavadora	1.73	hora	460.00	795.00
	Tubo de PVC de 4 pulgadas	3	metros	13.33	40.00
	Lona de plástico de 10x7 m	3	piezas	100	300.00
	Varilla de 3/8"	30	metros	8.75	262.50
	polines	30	metros	50.00	1500.00
	Tablas de madera	12	Pieza de 3.5x0.3m	125.00	1500.00
			4	3x0.2 m	100.00
	Cinta métrica	2	pieza	45.00	90.00
Transporte a la isla	Transporte a la isla en camión	52	boleto	6.00	312.00
	Lancha***	26	boleto	7.00	182.00
	Gasolina de embarcación	4	viaje	100.00	400.00
	Gasolina de embarcación	1	viaje	200.00	200.00
Poner divisiones y mallas sombra en los estanques	Malla sombra al 60%	72	Metros <sup>2</sup>	25.00	1800.00
	Pirola de multifilamento de Nylon PRONARESA No. 168 de 2kg.	1	pieza	100.00	100.00
	Cinchos de plástico	1	Bolsa	36.00	36.00
	Tubo de PVC de 1/2"	45	metros	10.00	450.00
	Varilla de 3/8"	25	metros	8.75	218.75
Poner costales con arena	costales de plástico de 90x 60 cm	70	pieza	3.00	210.00
Instalación de tinacos de 450 litros	Tinacos de plástico de 450 litros	4	pieza	1200.00	4800.00
	manguera	15	metros	20.00	300.00
	abrazaderas	2	pieza	20.00	40.00
	Tubos de PVC	6	metros	75.00	450.00
	silicón	1	pieza	55.00	55.00
	Conectores de PVC "T"	5	pieza	6.50	32.50
<b>TOTAL</b>				<b>\$12,973.75</b>	



### Plantación de los mangles en los cinco viveros

Actividades	concepto	cantidad	unidad	precio unitario \$	precio total \$
Poner aluvión con abono e estanque	Tierra (aluvión)	7	metros <sup>3</sup>	198.85	1,392.00
	Abono peat moss	6	costales de 3.8 pies <sup>3</sup>	250.00	1,500.00
	Guantes de tela	1	par	36.00	36.00
	Cinta adhesiva	1	pieza	15.00	15.00
	Mesa de trabajo	1	pieza	1000.00	1000.00
	Pala para jardín chica	4	pieza	39.00	156.00
Traslado de las plantas a la isla de la piedra	Camionetas rentadas ****	2	viaje	100.00	200.00
	Embarcación rentada a un pescador	1	viaje	500.00	500.00
Transporte a la isla de La Piedra	Gasolina de camioneta****	1	viaje	200.00	200.00
	camión	88	boleto	6.00	528.00
	lancha	52	boleto	7.00	364.00
<b>TOTAL</b>					<b>\$5,891.00</b>

### Mantenimiento de las plantas en el experimento

Actividades	concepto	cantidad	unidad	precio unitario \$	precio total \$
Transporte a la isla de la piedra para medición de plantas y riego	Transporte en la isla en camión	240	boleto	6.00	1,440.00
	lancha	120	boleto	7.00	840.00
	Gasolina de embarcación	6	viaje	100.00	600.00
Manejo y vigilancia 7 meses	Ayudante	112	Jornal	100.00	11,200.00
Riego	Pago de agua	7	meses	200.00	1400.00
<b>TOTAL</b>					<b>\$15,480.00</b>

Tercera etapa: construcción de estanques-lagunas

Actividades	Concepto	cantidad	unidad	precio unitario \$	precio total \$
Colecta y siembra de propágulos, plantación de plantas, mediciones	Transporte a la isla en camión	90	boleto	6.00	540.00
	Lancha***	54	boleto	7.00	378.00
	Gasolina de embarcación	5	viaje	200.00	1000.00
Construcción de los estanques- laguna	retroexcavadora	4	hora	460.00	1840.00
	Tablas de madera	8	Pieza de 3.5x0.3m	125.00	1000.00
	Gasolina de embarcación*	3	viaje	100.00	300.00
				<b>TOTAL</b>	<b>\$5,058.00</b>

\* Gasolina de embarcación.\_embarcación de motor propiedad del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología.

\*\*Transporte al vivero del instituto en camión.\_ Transporte público.

\*\*\*Lancha.\_ transporte público.

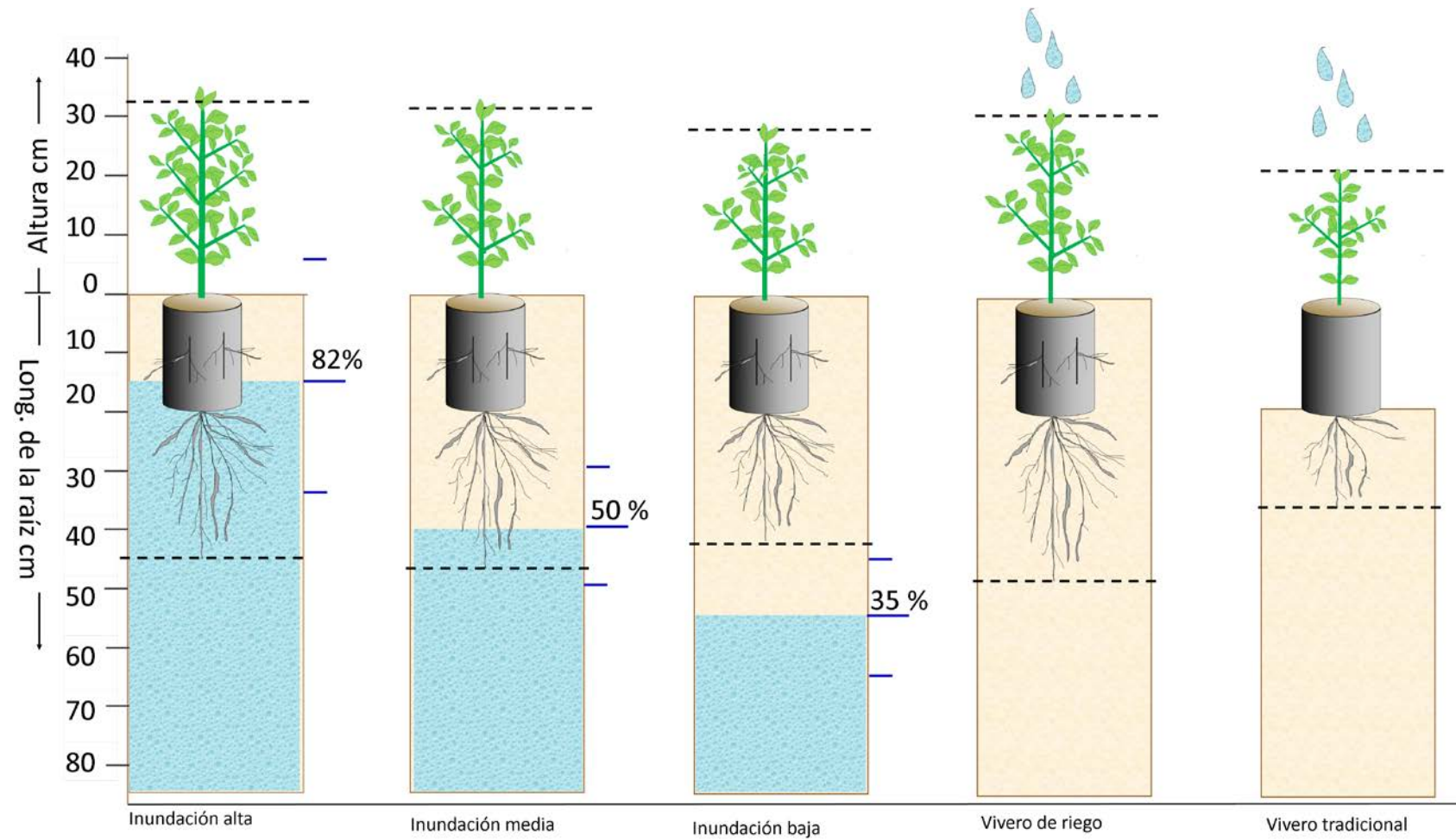
\*\*\*\*Gasolina de camioneta.\_ camioneta particular.

Gasto total de construcción, mantenimiento de los viveros y forestación.

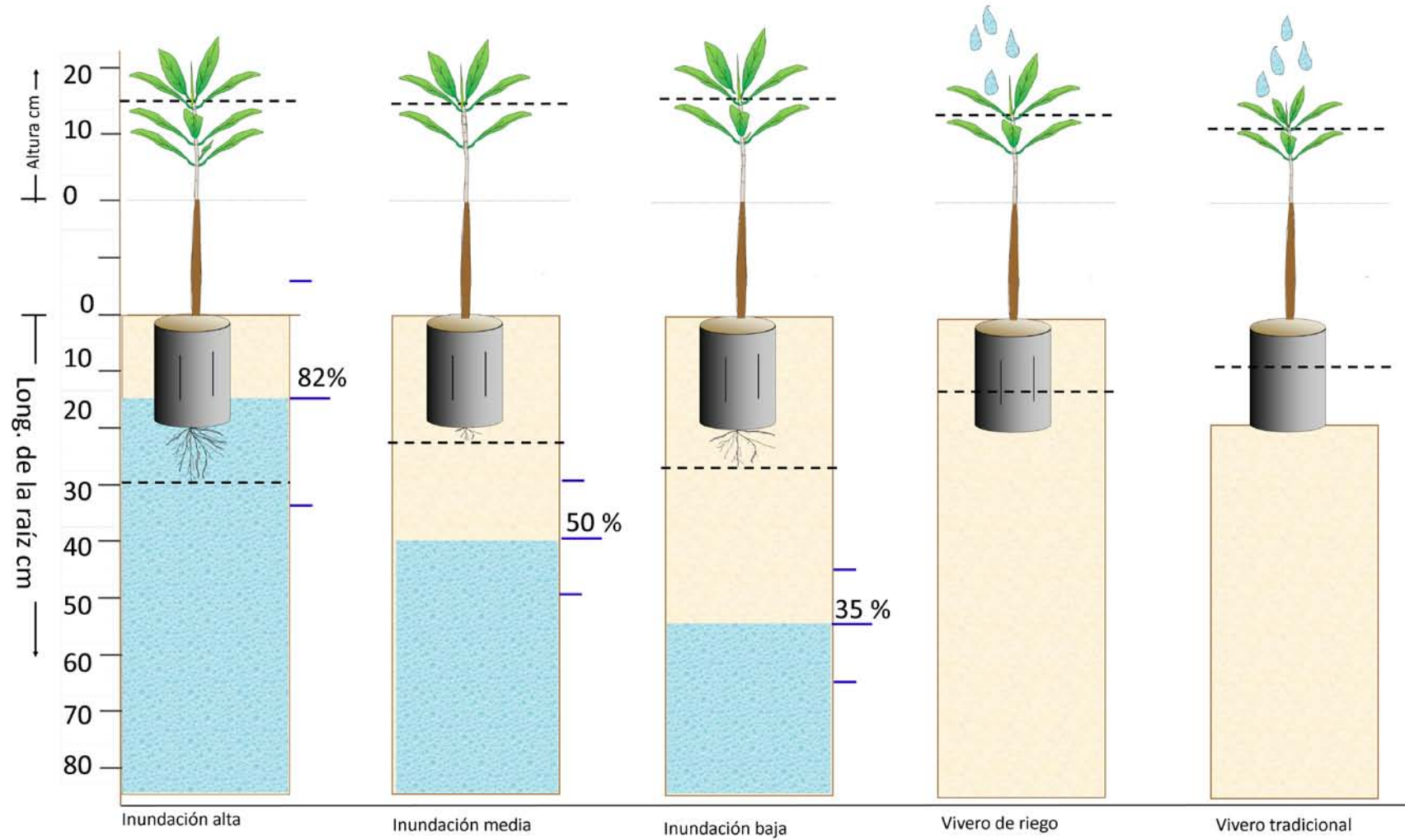
Etapas del proyecto	Cantidad \$
Primera. Gastos de operación y material del vivero tradicional del ICMYL	4,835.00
Segunda. Construcción de los viveros	12,973.75
Plantación de los mangles en el experimento	5,891.00
Mantenimiento de las plantas en el experimento	15,480.00
Tercera. Construcción de estanques-lagunas	5,058.00
<b>Total</b>	<b>44, 237.75</b>

Anexo 4. Esquema de los parámetros de calidad medidos para las especies

A) *Laguncularia racemosa*



B) *Rhizophora mangle*



C) *Avicennia germinans*

